

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Oběhové mazání velkých převodovek.  
Circulation lubrication system of heavy gearbox.

Student:

Vítězslav Sebera

Vedoucí bakalářské práce:

Dr. Ing. Miroslav Bova

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

## Zadání bakalářské práce

Student: **Vítězslav Sebera**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení**  
Téma: **Oběhové mazání velkých převodovek**  
**Circulation Lubrication System of Heavy Gearbox**

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te teoretický rozbor funkce převodovky.
2. Proved'te potřebné hydraulické výpočty.
3. Navrhněte hydraulické schéma včetně specifikace prvků a zadání pro navazující profese.
4. Nakreslete výrobní dokumentaci hydraulického agregátu.
5. Vypracujte návod na obsluhu a údržbu navrhovaného zařízení.

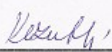
Seznam doporučené odborné literatury:

SIVÁK, V. Projektování hydraulických systémů. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990. 331 s. ISBN 80-7078-037-1.  
PIVOŇKA, J. a kol. Tekutinové mechanismy. Praha: SNTL, 1987. 623 s.  
Firemní podklady firmy Vítkovice Gearworks.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Dr. Ing. Miroslav Bova**

Datum zadání: 17.12.2010  
Datum odevzdání: 23.05.2011

  
\_\_\_\_\_  
prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.  
vedoucí katedry



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

### **Prohlašuji, že**

- jsem byl seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB - TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB - TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Vítězslav Sebera

Orlová Lutyně

Rolnická 133

735 14

### **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval Dr. Ing. Miroslavovi Bovovi a společnosti Interfluid za odbornou pomoc a vedení při realizaci bakalářské práce.

# **ANOTACE BAKALAŘSKÉ PRÁCE**

SEBERA, V. Oběhové mazání velkých převodovek: bakalářská práce. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2011, 60s. Vedoucí práce: Bova, M.

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout oběhové mazání rozvodovky. Nejdříve jsem popsal základní mechanické převody, druhy průmyslových převodovek, rozdělení olejů a druhy mazání ozubených soukolí. Poté jsem se věnoval problému velkého vzniku tepla z provozu převodů a ložisek. Toto teplo se odvádí olejem z prostoru rozvodovky do sklepa, kde je hydraulické zařízení. Toto zařízení umožňuje olej filtrovat, chladit, a dokonce i ohřívat. Olej se z nádrže dopravuje zpět do rozvodovky, kde se dostává na určitá místa pro dostatečné mazání převodů a ložisek. Popsal jsem, v jakém provozu se rozvodovka nachází. Pomocí výpočtu jsem spočítal, jak velké teplo bude třeba chladit. Určil jsem typ vodního chladiče, který tam je z důvodů nepříznivých vlivů. V příloze bakalářské práce jsou základní technické řešení včetně schémat a výkresů.

## **ANNOTATION OF THESIS**

SEBERA, V. Circulation lubrication system of heavy gearbox: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB - Technical University Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulics Equipment, 2011, 60 pages. Supervisor: Bova, M.

Thesis proposal circulation lubrication system of heavy gear box. In the first part of thesis I describe industrial gear box, disposal oil and lubrication systems for lubrication gear. Then I solved problematic increase warm from operation gear box. This warm is take off by oil to lubrication pack. In the lubrication pack can filtration cooling or rating oil. Oil is from lubrication pack distributed on lubrication point for bearing and transmsion. I describe operation status of gear box. I calculate temperature condition in system and proposal cooler. In enclosure of thesis are basic desings a drawings of technical solution.

## **OBSAH**

<b>0. ÚVOD</b>	12
<b>1. MECHANICKÉ PŘEVODY</b>	13
1.1 Řemenový převod	13
1.2 Řetězový převod	13
1.3 Třecí převod	14
1.4 Ozubený převod	14
1.4.1 Rozdělení ozubených převodů	15
1.4.2 Použití převodovek	17
1.4.3 Členění převodovek	18
<b>2. PRŮMYSLOVÉ PŘEVODOVKY</b>	19
2.1 Rozdělení průmyslových převodovek	20
2.1.1 X Série	20
2.1.2 MC Série	21
2.1.3 ML Série	22
2.1.4 P..2 Série	23
2.1.5 P.MC Série	24
<b>3. OLEJE</b>	26
3.1 Maziva	26
3.2 Viskozita	27
<b>4. DRUHY MAZÁNÍ OZUBENÝCH SOUKOLÍ</b>	28
<b>5. SHRUTÍ</b>	32
<b>6. POTŘEBNÉ HYDRAULICKÉ VÝPOČTY</b>	33
6.1 Předpoklady k velikosti chlazení	33
6.2 Chlazení rozvodovky	34
6.3 Výpočty pomocí programu od společnosti Interfluid	36
6.3.1 Velikost chladiče	36
6.3.2 Korekce výkonu vodního chladiče na viskozitu a průtokové poměry	40
6.3.3 Výpočet vodního chladiče a určení typu	42
<b>7. ZADÁNÍ PRO NAVAZUJÍCÍ PROFESE</b>	44
7.1 Požadavky na demontáž, montáž, vyzkoušení a uvedení do provozu	44
7.1.1 Montáž zařízení	44
7.1.2 Vstupní kontrola dodaných montážních dílů a skupin	44
7.1.3 Usazování a montáž konstrukčních celků na kotvící místa	45
7.1.4 Základní pokyny pro montáž na stavbě	45

7.2 Nároky na stavební připravenost a návaznost na další stavební profese .....	46
7.3 Nároky na energii a materiál .....	46
7.3.1 Energie .....	46
7.4 Voda .....	46
7.5 Olej PP90 .....	46
<b>8. NÁVOD NA OBSLUHU A ÚDRŽBU MAZACÍHO ZAŘÍZENÍ .....</b>	<b>47</b>
8.1 Popis funkce mazacího zařízení .....	47
8.2 Potrubní rozvod .....	48
8.3 Popis činnosti čidel mazacího zařízení .....	48
8.4 Popis funkcí mazacího zařízení .....	50
8.5 Ovládací panel mazání v kabině .....	55
<b>9. ZÁVĚR .....</b>	<b>57</b>
<b>10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>58</b>
<b>11. PŘÍLOHY .....</b>	<b>60</b>



## Seznam použitých značek a symbolů

Seznam zkratek	
Značka	Název
BL	snímač hladiny
BT	vysílač teploty
CRZ 1632	model teplotního čidla
EH	elektrický ohříváč
EP	přísada do olejů vysokotlaké
FKM	vrstvy pozinkovaného drátu
ISO	mezinárodní statistická norma
M	motor
MA	elektromotor
NBR	nitril - butadien kaučuk
Obr.	obrázek
Pt100	odporový snímač teploty
PTC	termostat - pozistor
R	rozvodovka
S	spojka
SAE	klasifikace viskozity
SF	dvojitý potrubní filtr
ST	termostat
Tab.	tabulka
TDP	technické dodací podmínky
VG	viskozita tříd
W	zimní požití
YV	pojistný ventil
a.s.	akciová společnost
apod.	podobně
č.	číslo
max.	maximálně
min.	minimálně
např.	například
pH	číslo kyselosti

s.r.o.	společnost s ručeným omezeným
tj.	to je
tzn.	to znamená
tzv.	takzvané

### Seznam jednotek a veličin

Značka	Název	Rozměr
D	průměr kola	[mm]
F	síla	[N]
MAX	maximální výška hladiny	[mm]
MIN	minimální výška hladiny	[mm]
M <sub>k</sub>	krouticí moment	[N·m]
M <sub>N</sub>	jmenovitý moment	[N·m]
P <sub>ekv</sub>	ekvivalentní výkon	[W]
P <sub>max</sub>	maximální výkon	[W]
P <sub>z</sub>	ztrátový výkon rozvodovky	[W]
P <sub>ch</sub>	výkon chladiče	[W]
P <sub>p</sub>	výkon rozvodovky naprázdno	[W]
Q	průtok	[m · s <sup>-1</sup> ]
Q <sub>ch</sub>	průtok vody	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
Q <sub>l</sub>	velikost lekáže	[m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ]
Q <sub>o</sub>	průtok oleje	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
Q <sub>v</sub>	potřebný průtok vody	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
Q <sub>vch</sub>	průtok vody	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
S	povrch nádrže a potrubí	[m <sup>2</sup> ]
S <sub>c</sub>	teplosměnná plocha	[m <sup>2</sup> ]
S <sub>cp</sub>	celková teplosměnná plocha	[m <sup>2</sup> ]
S <sub>ch</sub>	teplosměnná plocha chladiče	[m <sup>2</sup> ]
S <sub>n</sub>	teplosměnná plocha nádrže	[m <sup>2</sup> ]
S <sub>168</sub>	teplosměnná plocha trubky Ø168 mm	[m <sup>2</sup> ]
S <sub>219</sub>	teplosměnná plocha trubky Ø219 mm	[m <sup>2</sup> ]
T	časová konstanta	[s]
U <sub>pc</sub>	napětí řídicích obvodů pro ventily	[V]
U <sub>s</sub>	napětí silového obvodu	[V]
V	velikost nádrže	[m <sup>3</sup> ]

$V_d$	objem chlazeného oleje v chladiči za den	$[m^3 \cdot \text{den}^{-1}]$
$X_d$	počet cyklu chlazení	$[-]$
$a$	délka spodní hrany nádrže	$[m]$
$c$	měrné skupenské teplo kapaliny	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
$c_m$	měrné teplo určitého oleje	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
$c_v$	měrné skupenské teplo vody	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
$c_l$	měrné skupenské teplo kovu	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
$d$	průměr trubky	$[mm]$
$f_{\check{c}}$	časový faktor čerpadla	$[-]$
$f_p$	časový faktor prvků	$[-]$
$h$	výška nádrže	$[m]$
$ks_{\check{c}}$	počet čerpadel	$[ks]$
$ks_d$	počet desek	$[ks]$
$ks_p$	počet prvků	$[ks]$
$k_c$	součinitel prostupu tepla	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$k_{ch}$	koeficient přestupu tepla chladičem	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$k_{kp}$	koeficient - korekční faktor tlakových spádů	$[-]$
$k_{kr}$	koeficient - korekční faktor poměr olej - voda	$[-]$
$k_{kt}$	koeficient - násobný faktor teplotního spádu	$[-]$
$k_{kv}$	koeficient - korekční faktor chladicí kapaliny	$[-]$
$l$	délka trubky	$[mm]$
$m$	hmotnost kovových částí	$[kg]$
$m_n$	hmotnost nádrže	$[kg]$
$m_p$	hmotnost potrubí	$[kg]$
$m_r$	hmotnost rozvodovky	$[kg]$
$m_l$	hmotnost kovových částí v obvodu	$[kg]$
$n$	otáčky	$[s^{-1}]$
$ov$	poměr olej - voda	$[-]$
$p$	pracovní tlak	$[Pa]$
$p_p$	tlakový spád na prvcích	$[Pa]$
$r$	rezerva	$[\%]$
$s$	tloušťka stěny trubky	$[mm]$
$t$	minimální ustálená teplota oleje	$[^{\circ}C]$
$t_d$	čas dne	$[s]$
$t_k$	maximální ustálená teplota oleje	$[^{\circ}C]$

$t_s$	teplotní spád	[°C]
$t_u$	ustálená teplota	[°C]
$t_{vo}$	vstupní teplota oleje	[°C]
$t_{vch}$	výstupní teplota oleje	[°C]
$t_{vv}$	vstupní teplota vody	[°C]
$t_{vy}$	výstupní teplota voda	[°C]
$t_0$	teplota okolí	[°C]
$t_{01}$	počáteční teplota oleje	[°C]
$t_1$	teplota vody při vstupu do chladiče	[°C]
$t_2$	teplota vody při výstupu z chladiče	[°C]
$v$	rychlost	[m·s]
$\Delta t_{stř}$	střední teplotní spád	[°C]
$\Delta t_{střch}$	střední teplotní spád chladiče	[°C]
$\eta_G$	průtoková účinnost čerpadla	[-]
$\eta$	účinnost rozvodovky	[%]
$\nu$	kinetická viskozita	[m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
$\nu_o$	viskozita oleje	[m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
$\rho$	hustota oleje	[kg m <sup>-3</sup> ]
$\rho_v$	hustota vody	[kg·m <sup>-3</sup> ]
$\tau$	časový interval	[-]
$\tau_{ch}$	doba chlazení z teploty z 50 °C na 45 °C	[s]
$\tau_o$	doba ohřívání z teploty ze 45 °C na 50 °C	[s]
$\tau_{pož}$	doba ohřátí oleje na teplotu 50 °C z 18 °C	[s]
$\Phi$	celkový ztrátový tepelný výkon	[W]
$\Phi_c$	chlazený výkon	[W]
$\Phi_{HG}$	teplo z provozu hydrogenerátoru	[W]
$\Phi_p$	teplo přivedené prvky	[W]
$\Phi_{př}$	teplo přiváděné z převodovky	[W]
$\Phi_1$	teplo odvedené nádrží	[W]
$\omega$	úhlová rychlost	[rad·s <sup>-1</sup> ]

## 0. Úvod

Moje téma se nazývá „Oběhové mazání velkých převodovek“. Toto téma se zaměřuje na různá oběhová mazání a velké převodovky.

Mazací oleje se vyrábějí přímým zpracování ropy. Stále častěji se v dnešní době vyrábějí oleje syntetickými technologiemi. Oleje také souvisí s mazivy. Maziva jsou plynná, plastická, pevná a kapalná. Normalizovaný přehled typů maziv udává ISO 6743.

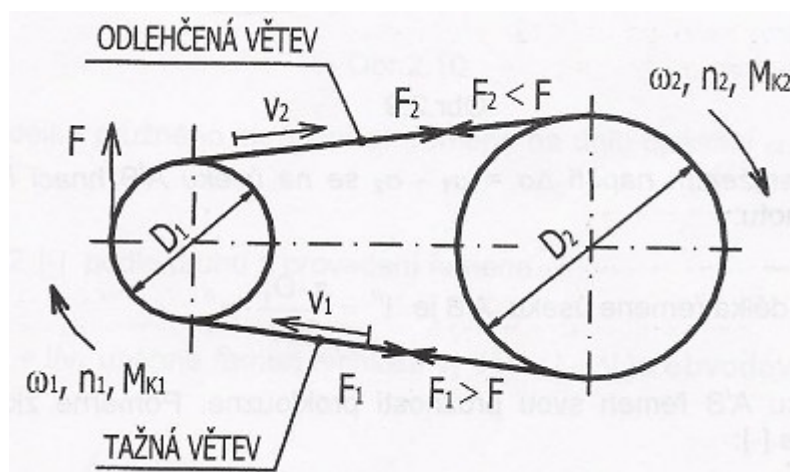
Oběhové mazání má za úkol snižovat tření, tzn. opotřebení v ozubeném soukolí a ložiscích. Dále má oběhové mazání chránit před korozí či tlumí nárazy mezi zuby. Také odvádí nečistoty, teplo a případně i chladí olej. Hlavní důvod oběhového mazání je prodloužení životnosti převodovky.

## 1. Mechanické převody

Mechanická převody jsou mechanismy, které přenáší energii. Její přenos je spojen se současnou změnou rychlosti a tím i s příslušnou změnou velikosti sil nebo momentů, někdy též druhu pohybu (rotační – přímočarý – kývavý). Mechanické převody se dělají buď se stálým převodovým číslem tj. jeden převod, nebo s proměnným převodovým číslem tj. dva a více převodů. Máme různé typy mechanických převodů, např. řemenové, řetězové či třecí převody. Mezi nejčastěji používaný převod se řadí ozubená kola.

### 1.1 Řemenový převod

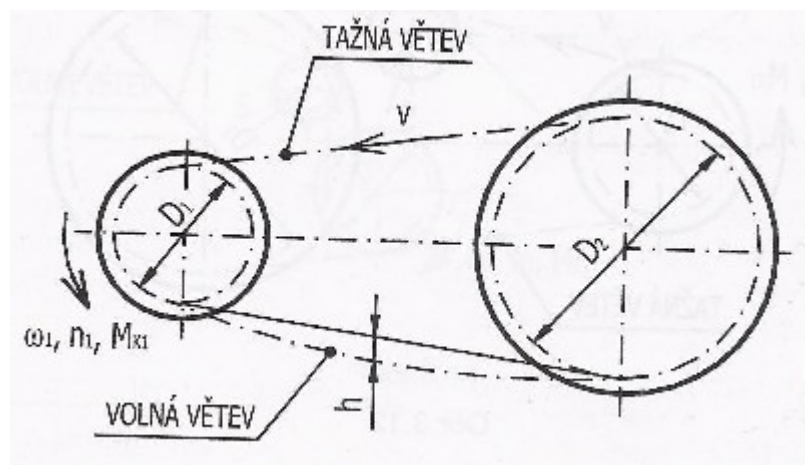
Řemenové převody se používají pro přenos menších až středních výkonů, do 700 kW. Dá se použít na poměrně velké vzdálenosti. Výkon se přenáší řemenem buď třením, nebo pomocí zubů prostřednictvím uzavřeného, poddajného řemene z hnací řemenice na hnanou řemenici. Dosahují velké obvodové rychlosti až do  $80 \text{ m.s}^{-1}$ . Viz obrázek č. 1.1.1.



Obr. č. 1.1.1 Řemenový převod

### 1.2 Řetězový převod

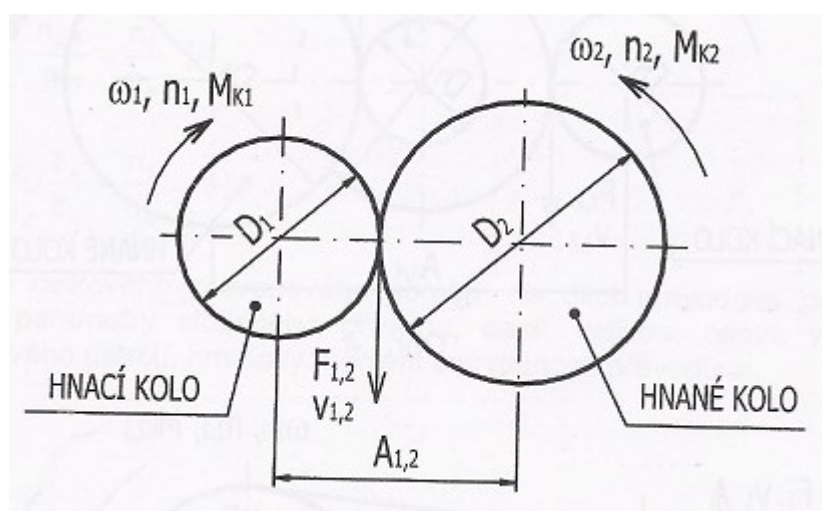
Řetězové převody jsou používány k přenosu malých až středních výkonů, do 1 MW. Aby nevycházela ozubená kola příliš velká, používají se malé vzdálenosti mezi rovnoběžnými hřídelemi. Mohou přenášet větší zatížení a mají několikanásobně vyšší životnost. Mají uplatnění ve všech oborech strojírenství. Na obrázku č. 1.2.1 je schéma řetězového převodu.



Obr. č. 1.2.1 Řetězový převod

### 1.3 Třecí převod

Třecí převody pracují se skluzem. Přenášejí menší výkony na malé vzdálenosti os hřídelí. U třecích převodů se obvodová síla  $F$  přenáší z hnacího kotouče na hnaný, buď přímo tj. přímým stykem kotoučů, nebo nepřímo tzn. prostřednictvím mezičlenů kladky nebo prstence (Obr. č. 1.3.1).

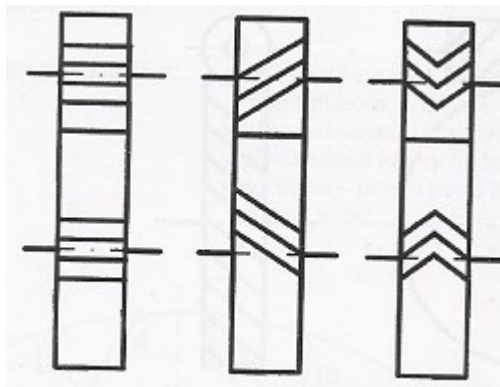


Obr. č. 1.3.1 Třecí převod

### 1.4 Ozubený převod

Převod ozubenými koly (Obr. č. 1.4.1) je nejvýznamnější a nejrozšířenější druh převodového mechanismu - převodovky. Menší ozubené kolo se nazývá pastorek, větší nese název kolo. Ozubená kola přenášejí krouticí moment z jedné hřídele na druhou, přičemž kola, jejichž zuby jsou ve stálém záběru, nazýváme soukolím. Mají konstantní převodový poměr. Jsou spolehlivá a mají velkou životnost. Dosahují velkých výkonů až 100 MW, při velkých

obvodových rychlostech až  $150 \text{ m.s}^{-1}$ . Ozubený převod dosahuje velkých převodových poměrů. Nevýhodou u tohoto převodu je složitější a dražší výroba (je nutná přesná výroba a potřeba tuhého uložení). Nemožnost dosažení libovolného převodového poměru (počet zubů je celé číslo).



**Obr. č. 1.4.1** Ozubený převod

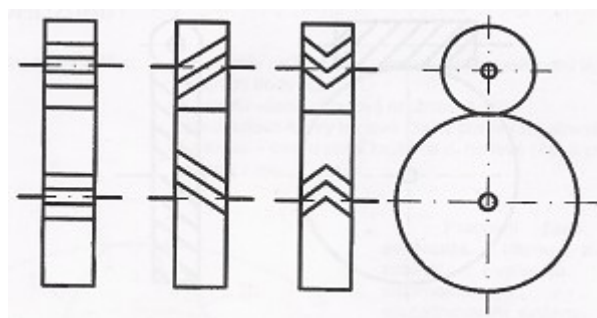
### 1.4.1 Rozdělení ozubených převodů

Podle K. Kalába (2008 : 54) [1]:

#### Podle vzájemné polohy os kol:

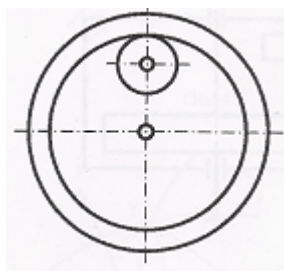
1) **Soukolí valivá válcová** – osy jsou rovnoběžné

- Vnější ozubení se zuby: přímými, šikmými a šípkovými (Obr. č. 1.4.1.1).
- Vnitřní ozubení se zuby: přímými a šikmými (Obr. č. 1.4.1.2).



**Obr. č. 1.4.1.1** Přímé, šikmé, šípkové vnější ozubení

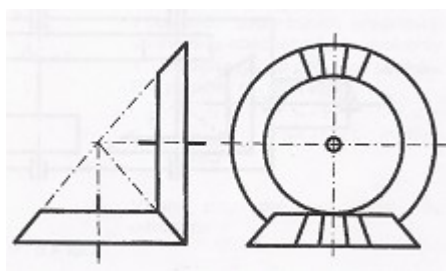




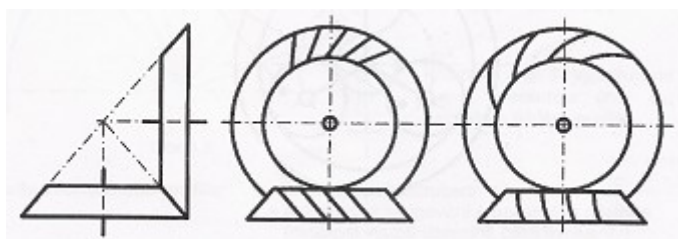
**Obr. č. 1.4.1.2** Přímé a šikmé vnitřní ozubení

2) **Soukolí valivá kuželová** – osy jsou různoběžné

- Ozubení s přímými zuby, obrázek č. 1.4.1.3
- Ozubení s šikmými zuby.
- Ozubení se zakřivenými zuby, obrázek č. 1.4.1.4: kruhové (Gleason), paloidní, eloidní (Klingelnberg), spirální.



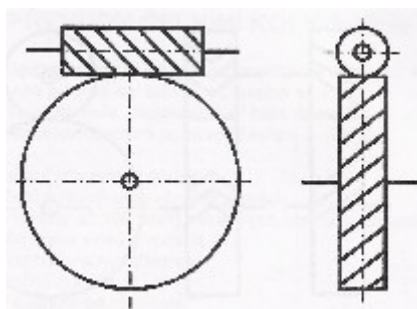
**Obr. č. 1.4.1.3** Kuželová soukolí s přímými zuby



**Obr. č. 1.4.1.4** Kuželová soukolí se zakřivenými zuby

3) **Soukolí šroubová** – osy jsou mimoběžné

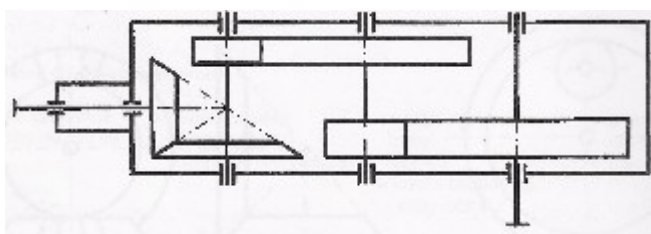
- Válcová.
- Kuželová (hypoidní).
- Soukolí šneková, obrázek č. 1.4.1.5.



**Obr. č. 1.4.1.5** Soukolí šneková

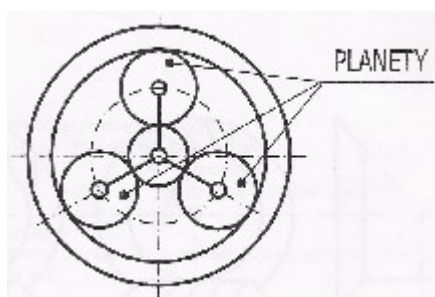
#### **Podle prostorového pohybu os:**

- 1) **Obyčejné** – poloha os otáčení ozubených kol se vůči rámu (skříně) nemění, obrázek č. 1.4.1.6.



**Obr. č. 1.4.1.6** Obyčejné

- 2) **Planetové** – některé osy kol, tzv. "planet", konají krouživý pohyb, obrázek č. 1.4.1.7.



**Obr. č. 1.4.1.7** Planetové

### **1.4.2 Použití převodovek**

Hlavní oblastí uplatnění převodovek jsou transport materiálu, automobilový průmysl, hornictví, papírnictví, dřevozpracující průmysl, míchadla, ocelářský průmysl, cukrovarnický průmysl, úprava odpadních vod, čerpadla, chemický průmysl a jeřáby.

### 1.4.3 Členění převodovek

- Podle kinetiky

Rotační → rotační

Energie vstupující do převodovky je přenášena rotačním pohybem hřídele, energie výstupní je přenášena rotačním pohybem hřídele, ale s jinou charakteristikou (jiné otáčky, krouticí moment, směr otáčení).

Rotační → lineární

Energie, která vstupuje do převodovky, je přenášena rotačním pohybem hřídele, energie výstupní je přenášena lineárním pohybem (posuvem).

Lineární → lineární

Energie vstupující do převodovky je přenášena lineárním pohybem (posuvem), stejně i energie výstupní je přenášena lineárním pohybem (posuvem).

Rotační → periodický

Vstupní energie do převodovky vykonává rotační pohyb, zatímco výstupní energie převodovky vykonává periodický rotační (kývavý) pohyb nebo periodický posuvný pohyb (tam-zpět).

- Podle přenosu energie

Existují tři druhy přenosu energie – obousměrná, jednosměrná a samosvorná.

Obousměrný přenos energie nastává tehdy, když je možné zaměnit vstup a výstup převodovky (u jednoduchých soukolí).

Pokud má převodovka určenou vstupní a výstupní stranu pro přenos energie, jedná se o jednosměrný přenos energie.

U samosvorného přenosu energie konstrukce převodovky zásadně neumožňuje obousměrný přenos výkonu (šroubové a šnekové převodovky).

## 2. Průmyslové převodovky

Chlazení u průmyslových převodovek je možné vybavit několika způsoby. Nejjednodušší způsob je vzduchové chlazení a také externí vzduchové chlazení oleje. Není třeba žádného systému navíc. U externího a interního vodního chlazení oleje je třeba navrhnout vodní chladicí systém.

Těsnící systémy jsou jednoduchá hřídelová těsnění NBR/FKM, dvojité hřídelové těsnění NBR/FKM, prachové těsnící kroužky, takonitové těsnění, Gammakroužky (ochrana proti prachu).

U převodovek je mnoho druhů měřících zařízení a čidel. Olejové průhledítko je měřící zařízení, u kterého vidíme do převodovky. Vidíme hladinu oleje, která musí být mezi min. a max. ryskami. Kontrolovat lze jen při zastaveném chodu. U olejovému měříme hladinu i teplotu oleje. V převodovce jsou dvě díry, do kterých namontujeme olejovému. Jedna díra musí být pod hladinou a druhá nad hladinou oleje.

Měření olejovou měrkou. Měříme pomocí tyče, na které jsou dvě rysky. Rysky znázorňují povolenou dolní a horní hranici hladiny oleje. Také by se mělo kontrolovat při zastaveném chodu. Měřič teploty oleje má čidlo Pt100 s vysokým teplotním rozsahem měření (-50°C až 800°C, čidlo CRZ.1632) a s regulací teploty. Termistory PTC jsou označovány jako pozistory. Když se termistor zahřívá, roste odpor. Měřič teploty oleje s čidlem Pt100 má čidla s udáváním množství vody v oleji, elektrický ukazatel znečištění olejového filtru, optický ukazatel znečištění olejového filtru, kontrolu stavu ložisek s vyhodnocovací jednotkou a kontrolu tlaku olejového oběhu.

Rozdělení převodovek a převodových skříní podle firmy Vítkovice Gearworks a.s., která vyrábí převodovky atypické a podle potřeb zákazníka:

- Převodovky a převodové skříně se podle tvaru dělí:
  - 1) Vertikální
  - 2) Horizontální
  - 3) Apod.
- Převodovky a převodové skříně podle uspořádání vstupního a výstupního hřídele se dělí na:
  - 1) Válcové

- 2) Duté
  - 3) S evolventním drážkováním
  - 4) Apod.
- Převodovky a převodové skříně vlastní konstrukci tělesa:
    - 1) Svařované
    - 2) Lité
  - Převodovky a převodové skříně vlastních ozubených kol
    - 1) Kované
    - 2) Lité
    - 3) Svařované
    - 4) Apod.

## 2.1 Rozdělení průmyslových převodovek

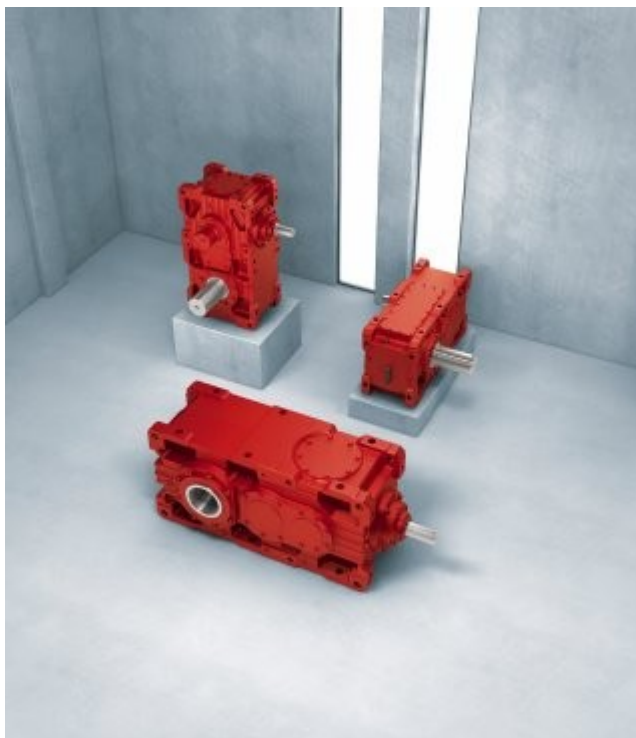
Rozdělení průmyslových převodovek podle firmy SEW-EURODRIVE CZ s.r.o. [9].  
Přehled jejich různých konstrukčních řad:

### 2.1.1 X Série

Na obrázku č. 2.1.1.1 jsou průmyslové převodovky s čelními a kuželočelními ozubenými koly. Základní těleso převodovky je velmi robustní. Díky vysoké hustotě výkonu jsou nízké náklady. Má jemné odstupňování krouticích momentů a díky tomu ji lze optimálně přizpůsobit okolním podmínkám. Chladicí systém u této série je účinný. Technické údaje v Tab. č. 2.1.1.1.

Provedení převodovky	Technické údaje		
	Odstupňování	Převody	Jmenovitý moment $M_{N2}$ [kN·m]
Čelní převodovky X.F	dvou-, tří- a čtyřstupňové	6 ÷ 400	58 ÷ 475
Kuželočelní převodovky X.K	dvou-, tří- a čtyřstupňové	6 ÷ 400	58 ÷ 475
Kuželočelní převodovky X.T	3 a 4stupňové	12 ÷ 400	58 ÷ 475

**Tab. č. 2.1.1.1** Technické údaje X Série (převzato: SEW-EURODRIVE)



**Obr. č. 2.1.1.1 X Série**

## 2.1.2 MC Série

Konstrukční řady MC (Obr. č. 2.1.2.1), jsou zvláště kompaktní čelní a kuželočelní převodovky. Má sedm konstrukčních velikostí s rozsahem krouticího momentu od 6 do 48 kN·m. Další technické údaje v Tab. č. 2.1.2.1.

Zakrývá malý prostor díky konstrukci s paralelními hřídelemi. Je to převodovka s jemně odstupňovaným krouticím momentem. Velká přenosnost momentů je díky kompaktnímu momentu.

Technické údaje			
Provedení převodovky	Odstupňování	Převody	Jmenovitý moment $M_{N2}$ [kN·m]
Čelní převodovky MC.P	dvou-, třístupňové	7,11 ÷ 112	6 ÷ 48
Kuželočelní převodovky MC.R	dvou-, třístupňové	7,11 ÷ 112	6 ÷ 48

**Tab. č. 2.1.2.1** Technické údaje MC Série (převzato: SEW-EURODRIVE)



**Obr. č. 2.1.2.1 MC Série**

### 2.1.3 ML Série

U této konstrukční řady ML jsou čelní a kuželočelní převodovky. Jsou ideální pro specificky navržené aplikace. Možností je připojení různých modulů a to na vstupní a výstupní straně. ML (Obr. č. 2.1.3.1) má pět konstrukčních velikostí s krouticím momentem od 180 do 680 kN·m. Nahlédnutí dalších údajů v Tab. č. 2.1.3.1. Nejsou moc drahé. Vyznačují se dobrou tepelnou vlastností díky oddělenému tělesu (1, 2 a 3stupňové). Díky dělicí spáře je snadný přístup k údržbě.

Technické údaje			
Provedení převodovky	Odstupňování	Převody	Jmenovitý moment $M_{N2}$ [kN·m]
Čelní převodovky ML.P	dvou-, tří- a čtyřstupňové	6 ÷ 315	180 ÷ 680
Kuželočelní převodovky ML.R	tří-, čtyř- a pětistupňové	14 ÷ 1250	180 ÷ 680

**Tab. č. 2.1.3.1** Technické údaje ML Série (převzato: SEW-EURODRIVE)



**Obr. č. 2.1.3.1 ML Série**

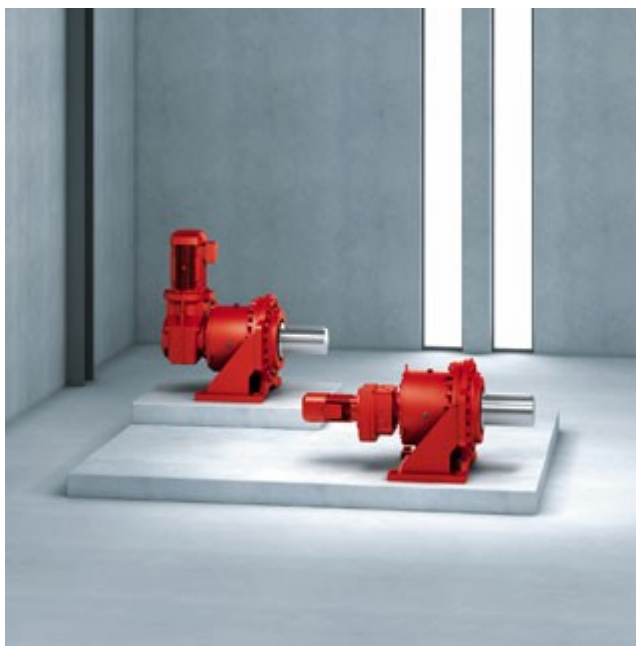
## 2.1.4 P..2 Série

Průmyslové převodovky řady P..2 se vyrábí v devíti konstrukčních velikostech (obrázek č. 2.1.4.1). Dosahují krouticích momentů od 24 do 359 kN·m. Parametry v tabulce č. 2.1.4.1. Jedná se o planetové převodové motory. Převodový motor je přímo předřazen před převodovku. Díky tomu mizí spojky, mezipříruby a adaptační přechody. Výhodou je ušetření místa a financí. Použití u velkých hmotností s nízkými otáčkami.

Provedení převodovky	Technické údaje		
	Odstupňování	Převody	Jmenovitý moment $M_{N2}$ [kN·m]
Čelní planetové převodovky (převodové motory) P.RF	čtyř- a pětistupňové	100 ÷ 4000	24 ÷ 359
Kuželočelní planetové převodovky (převodové motory) P.KF	pětistupňové	104 ÷ 4000	24 ÷ 359

**Tab. č. 2.1.4.1** Technické údaje P..2 Série (převzato: SEW-EURODRIVE)





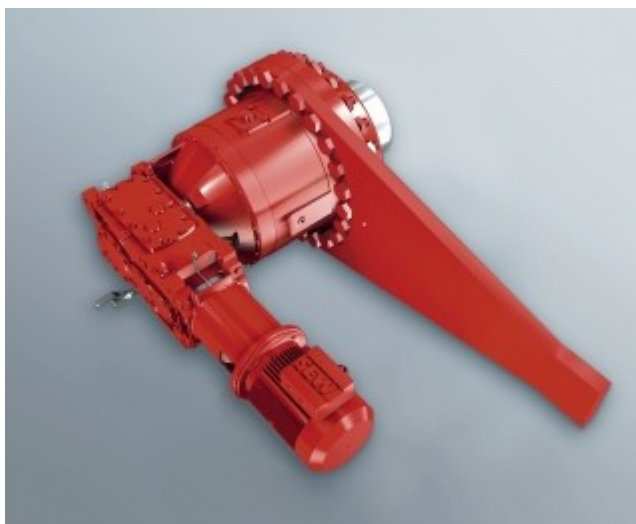
**Obr. č. 2.1.4.1 P..2 Série**

## 2.1.5 P.MC Série

Jedná se o převodovky s kombinací planetové převodovky a (kuželo) čelní převodovky (Obr. č. 2.1.5.1 a Tab. č. 2.1.5.1). Dimenzovaná pro velké krouticí momenty. Olejem mazaná bezúdržbová ložiska mají vysokou hustotou výkonu koncových planetových stupňů. Použití u velkých převodových poměrů při nízkých výstupních otáčkách. Doplnkovým vybavením jsou speciální těsnicí systémy a různé mazací varianty.

Technické údaje			
Provedení převodovky	Odstupňování	Převody	Jmenovitý moment $M_{N2}$ [kN·m]
Čelní/kuželočelní planetové převodovky P1.MC	tří- a čtyřstupňové	31,5 ÷ 500	24 ÷ 189
Čelní/kuželočelní planetové převodovky P2.MC	čtyř- a pětistupňové	140 ÷ 4000	69 ÷ 359

**Tab. č. 2.1.5.1** Technické údaje P.MC Série (převzato: SEW-EURODRIVE)



**Obr. č. 2.1.5.1 P.MC Série**

### 3. Mazací technika

U strojních součástí zajišťuje snížení tření mezi pohybujícími se plochami. Je zajištěn přívod maziva do místa kontaktu působících ploch. Je třeba zajistit dodávku maziva na místo určení nebo odvést z místa. K tomu se používá mazací systém. Teorie těchto systému využívá nově definované vědy tribologie, která byla definována v roce 1966 v Anglii Petrem Josetem. Tato věda se zabývá třením, opotřebením a mazáním na pohybující se styky mezi tělesy. Také zahrnuje fyzikální, chemické a materiálové poznatky. Má za úkol snížit tření, opotřebení a energetické ztráty.

#### 3.1 Maziva

Nejdůležitější požadované vlastnosti maziv jsou jejich viskozita a mazací schopnost. Požadavky nejlépe splňují minerální oleje. Mezi další důležité faktory patří otáčky, zatížení, materiálové kluzné dvojce, teplotní faktory a uložení. Z ekologického hlediska je lepší používání rostlinných olejů, tuků, pevných či syntetických maziv.

- Minerální oleje

Tyto oleje vznikají z rafinací ropy. Tvoří skupinu nejvíce vyráběných maziv. Jsou s nižší viskozitou až po maziva velmi vysoké viskozity. Maziva jsou doplňována chemickými aditivy. Zvyšuje se odolnost proti oxidaci maziva, korozi mazaných součástí a opotřebení mazaných součástí. Omezuje pění oleje a vylučování vosků při nízkých teplotách.

- Syntetické oleje

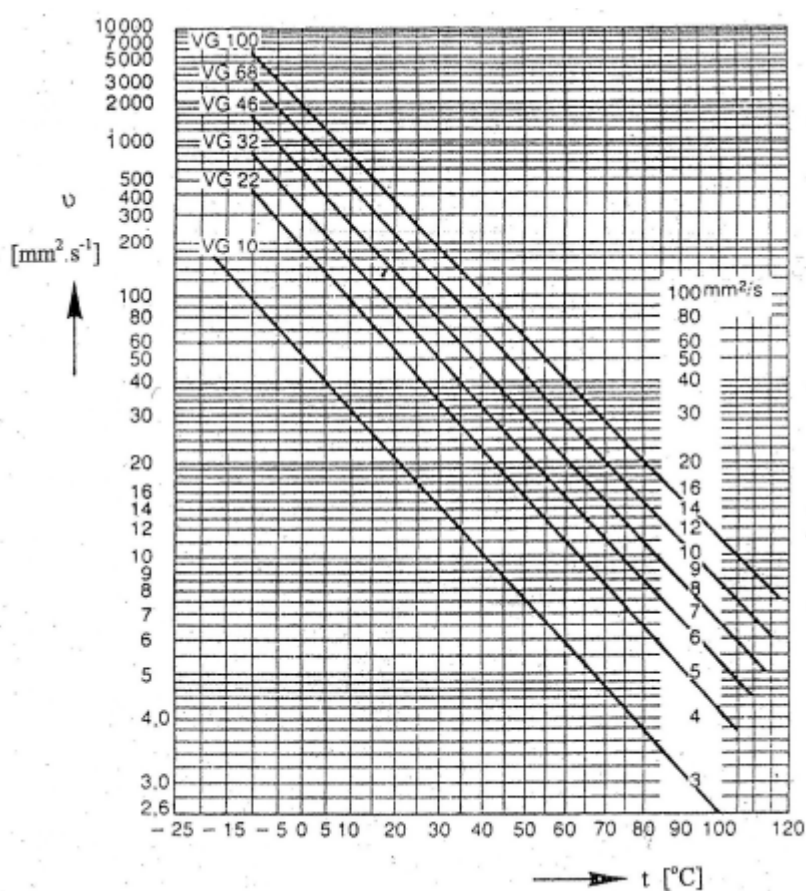
Používají se při vysokých teplotách, kde se požaduje ohnivzdornost a při dalších fyzikálních a chemických vlastnostech. Syntetické oleje jsou velmi drahé. Hodí se do automobilových převodů, protože vylučují málo usazenin.

- Organické oleje (rostlinné oleje)

Můžeme se s nimi setkat v zemědělství, aby únik oleje byl biologicky odbouratelný. Nejvíce používaný je řepkový olej.

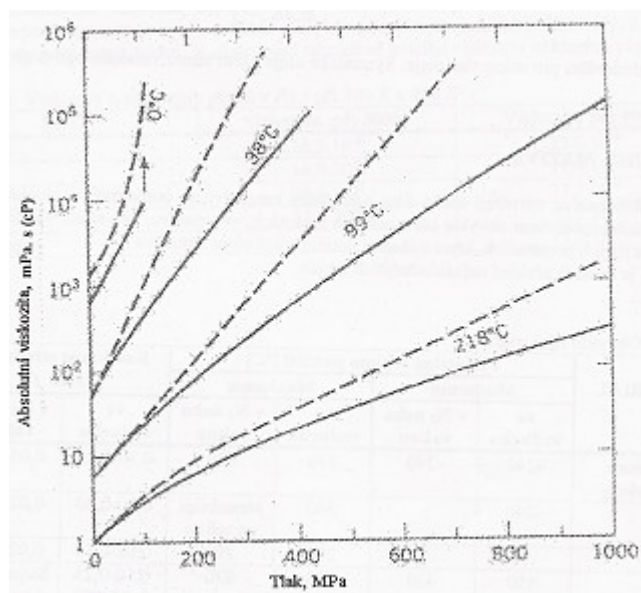
## 3.2 Viskozita

Viskozita maziv je závislá na tlaku a silně na teplotě. S rostoucí teplotou viskozita klesá. S tlakem viskozita roste. Výrazně se zvyšuje až od 100MPa. Je to důležité pro vyšetřování chování kapalinových vrstev v ložiskách i pro chování základních olejových systémů. U minerálních olejů je použitelnost omezena na maximální teplotu. V oleji dochází k fyzikálně chemickým procesům. Snižuje se tak nosnost filmu a dochází k vytvoření pevných substancí. Při nízkých teplotách dochází k vylučování vosků. To má za následek například obtíže při startu. Závislost viskozity na teplotě se udává například v semilogaritmických souřadnicích. Závislost je přímková (viz obrázek číslo 3.2.1).



**Obr. č. 3.2.1** Závislost viskozity na teplotě v semilogaritmických souřadnicích

Dodnes nejsou zcela zmapovány relace při tlacích v rozmezí  $1400 \div 3500$  MPa u elastohydrodynamických filmů při valení a v mezerách mezi zuby převodů. Růst viskozity v závislosti na tlaku vidíme na obrázku č. 3.2.2.



**Obr. č. 3.2.2** Růst viskozity v závislosti na tlaku

Stupně SAE pro převodové oleje, podle stupňů ISO VG, můžeme najít podle tabulky č. 3.2.1. W tzn. zimní použití do 35,8°C.

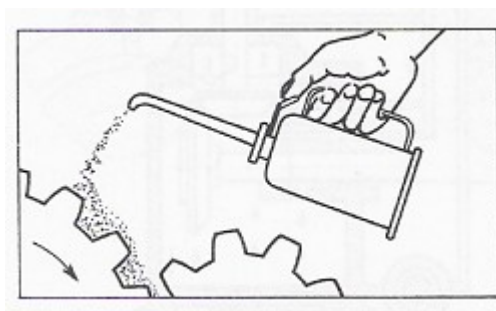
Stupně ISO VG	Viskozita cSt (při 40°)		SAE stupně pro oleje k roztáčení	SAE stupně pro převodové oleje	AGMA Lubeho Stupně pro převodové oleje	
	Min	Max			normální	přísady
2	1,98	2,42				
3	2,88	3,52				
5	4,14	5,06				
7	6,12	7,48				
10	9	11				
15	13,5	16,5				
22	19,8	24,2	5W			
32	28,8	35,2	10W			
46	41,4	50,6	15W	75W	1	
68	61,2	74,8	20W		2	2EP
100	90	110	30	80W-90	3	3EP
150	135	165	40		4	4EP
220	198	242	50	90	5	5EP
320	288	352	60		6	6EP
460	414	506		85W-140	7 comp	7EP
680	612	748			8 comp	8EP
1000	900	1100			8A comp	8A EP
1500	1350	1650		250		

**Tab. č. 3.2.1** Ekvivalenty převodových olejů

## 4. Druhy mazání ozubených soukolí

- Ruční mazání

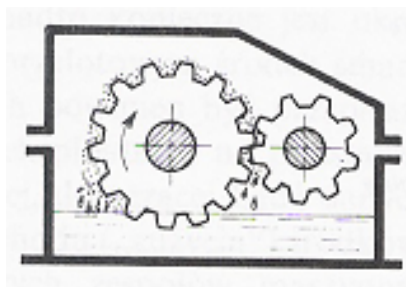
Ruční mazání se používá většinou u otevřených převodů, kde se mazivo aplikuje do záběru. Také se používá u soukolí s nedostatečně těsnými plechovými kryty. Použitelné je do obvodové rychlosti kol asi  $2 \text{ m.s}^{-1}$ , v některých případech jen  $1 \text{ m.s}^{-1}$ , viz dle schématu obrázku č. 4.1.



**Obr. č. 4.1** Ruční mazání

- Mazání broděním

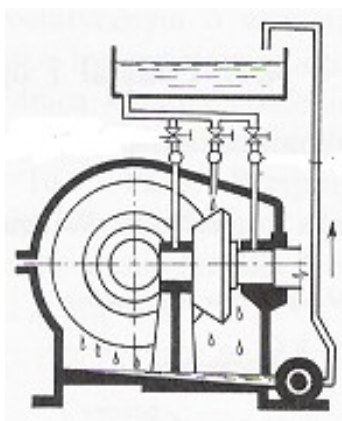
Toto mazání se používá u soukolí, kde část kola je ponořena v mazivu. Volí se u soukolí, kdy je třeba v záběru kol neustále mazivo. Převodovka se nesmí přehřívat. Viz obrázek č. 4.2.



**Obr. č. 4.2** Mazání broděním

- Mazání pomocí gravitace (oběhové)

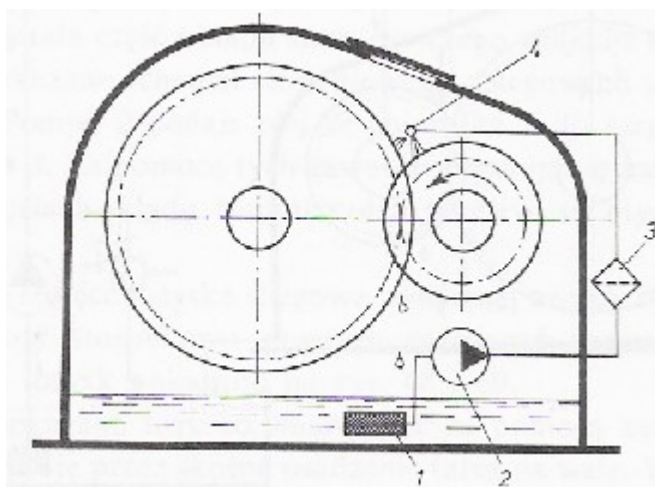
Ze šikmé podlahy převodové skříně se mazivo dopraví ke generátoru. Ten ho vytlačí nahoru do nádrže. Z nádrže pomocí gravitace přes uzavírající ventily se mazivo dostává k požadovaným mazacím místům. Viz obrázek č. 4.3.



**Obr. č. 4.3** Mazání pomocí gravitace (oběhové)

- Okruhové mazání vedené uvnitř převodovky

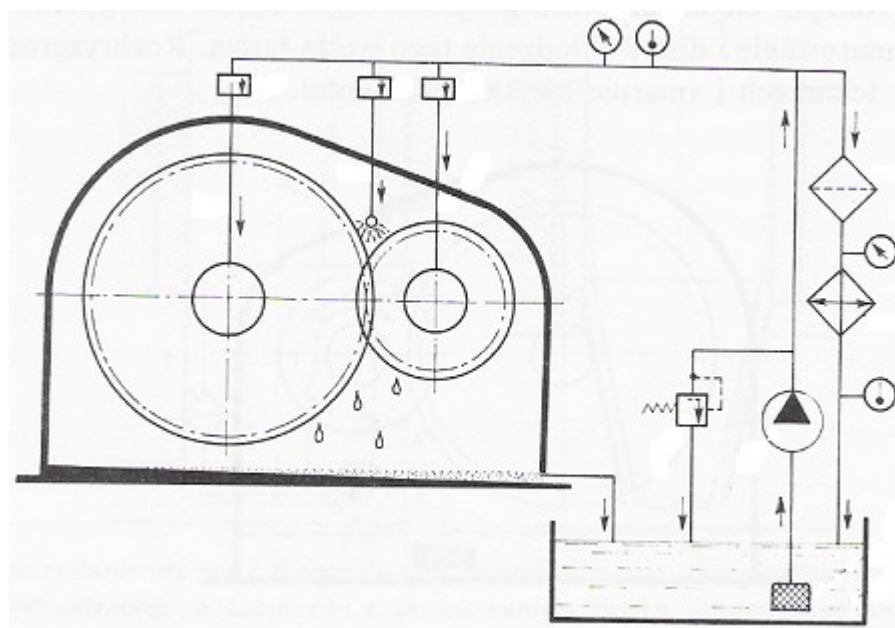
Jedná se o jednoduché okruhové mazání uvnitř převodové skříně. Skládá se ze sběrného koše, generátoru, filtru a z jednoho stříku. Stříká se do záběru soukolí. Filtr je mimo převodovou skříň z důvodu jednoduché výměny, viz obrázek č. 4.4.



**Obr. č. 4.4** Okruhové mazání uvnitř převodovky

- Okruhové mazání vedené mimo převodovou skříň

Nádoba na olej je mimo převodovou skříň, to zajišťuje snadnou výměnu oleje. Umožňuje snadnou kontrolu teploty a tlaku oleje. Jednoduchá výměna filtru, viz obrázek č. 4.5.



**Obr. č. 4.5** Okruhové mazání vedené mimo převodovou skříň



## 5. Shrnutí

Tato převodovka s přímými ozubenými koly byla vybrána zákazníkem. Byla dodána sada technických údajů o převodovce. Z této sady spočítám přibližné požadavky na chlazení a mazání.

Zhodnocení možností mazání převodovky.

- Mazání tukem – je nevhodné z důvodu špatného odvedení tepla a případného chlazení.
- Mazání olejem – je vhodné pro náš případ, kde je třeba, aby mazací olej dobře odváděl teplo, dostal se na veškerá místa v převodovce a mohl obíhat přes mazací okruh.

Možnosti mazání olejem:

1. Nádrž na dně převodové skříně.
2. Externí nádrž.

	Možnost odvodu tepla	Množství oleje	Cena	Potřebné místo	Opravy
1.	Vysáláním do okolí, tělem skříně, pohlcováním olejem	Malé množství	Levnější	Malé, jen velikost převodovky + hydrogenerátor	Špatný přístup
2.	Vysáláním, tělem skříně, pohlcováním olejem, okruhem oběhového mazání, chladičem	Velké množství	Dražší	Potřeba sklepa na nádrž s hydrogenerátorem, filtrem a chladičem. Je k dispozici.	Dobrý přístup k všem prvkům

**Tab. č. 5.1** Rozbor nádrží

Na základě tohoto rozboru (Tab. č. 5.1) se mi jeví vhodnější řešení s externí nádrží.

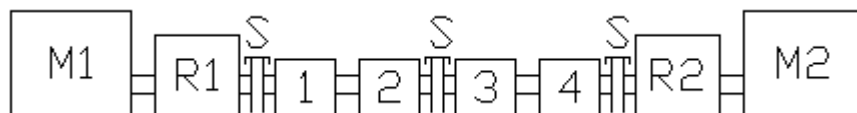
## 6. Potřebné hydraulické výpočty

Je třeba vypočíst, zda z této převodovky budeme muset odvádět teplo a jak velké toto teplo bude. Časový průběh cyklu převodovky je následující. Převodovka a mazání se nachází v následujících pracovních stavech.

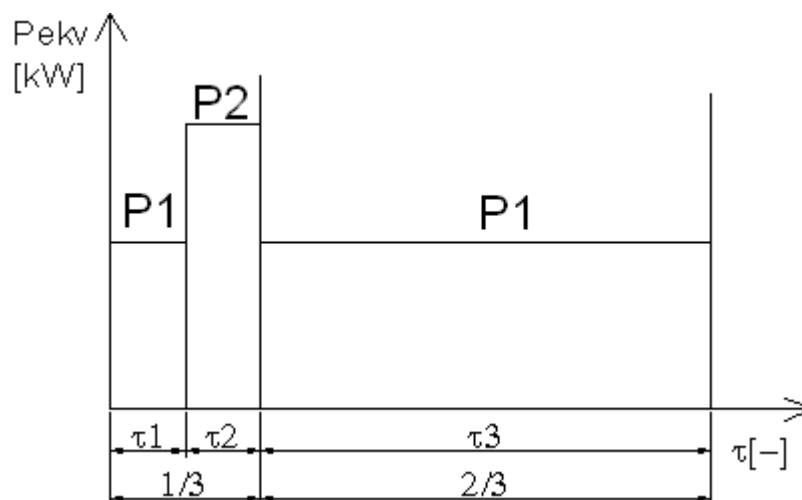
1. Stavění - převodovka se netočí, ale je oběhovým mazáním mazána.
2. Válcování - je pracovní stav, kde se převodovka točí a je mazána.
3. Klidový stav - převodovka stojí a mazání je zastaveno.

### 6.1 Předpoklady k velikosti chlazení

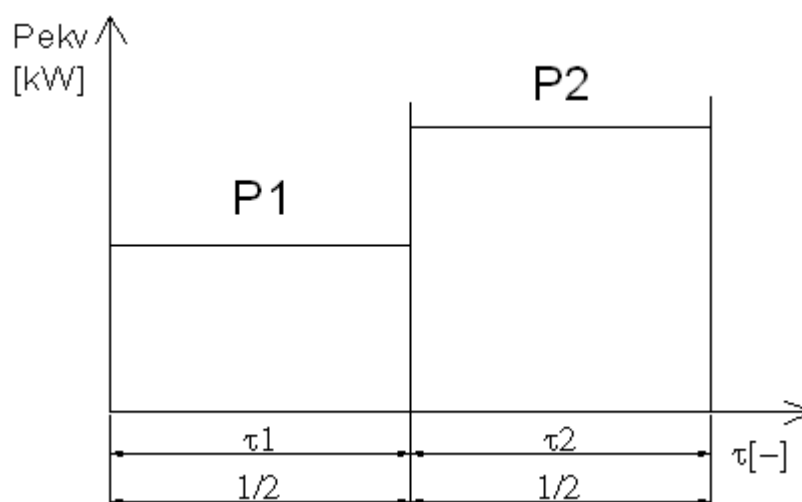
Válcovací středisko obrázek č. 6.1.1 pracuje na třísměnný provoz. Také zaleží, jaký typ materiálu se válcuje a jestli pracuje jeden nebo oba motory. Jestliže pracují oba motory, tak je válcování rozděleno na dvě části. Motor 1 pohání přes rozvodovku 1 hrubovací stolice 1 a 2. U těchto hrubovacích stolic je větší zatížení než u hladicích stolic 3 a 4, které pohání motor 2 přes rozvodovku 2. U tohoto válcovacího procesu je rozpojena spojka mezi stolicemi 2 a 3, graf č. 6.1.1. Pokud pracuje jeden motor  $M_1$  nebo  $M_2$ , tak druhý motor s rozvodovkou jsou v klidu, např. kvůli poruše. U tohoto válcování je spojka rozpojena mezi stolicí a nepracující rozvodovkou s elektromotorem, graf č. 6.1.2.



**Obr. č. 6.1.1** Schematické zapojení válcovací stolice, M1,2 - motor, R1,2 - rozvodovka, 1,2,3,4 - válcovací stolice, S - spojka



**Graf č. 6.1.1** Válcování pohaněné oběma motory, P1 - Výkon rozvodovky bez zatížení, P2 - Výkon rozvodovky při maximálním zatížení,  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  - časový intervalu



**Graf č. 6.1.2** Válcování pohaněné jedním motorem, P1 - Výkon rozvodovky bez zatížení, P2 - Výkon rozvodovky při maximálním zatížení,  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  - časový intervalu

## 6.2 Chlazení rozvodky

Je třeba si vypočíst ztrátový výkon u rozvodovky, který budu muset chladit. Maximální výkon rozvodovky je 3800kW. Při běhu naprázdno má rozvodovka výkon 7% z maximálního výkonu rozvodovky.

- Výkon rozvodovky při běhu na prázdko**

$P_{max}$  - maximální výkon 3800 [kW]

7% - z maximálního výkonu

$$P_p = P_{max} \cdot 7\% = 3800000 \cdot 0,07 = 266000W = 266kW \quad (6.2.1)$$

## 1. Válcování oběma motory.

- Ekvivalentní výkon rozvodovky:**

$\tau_1, \tau_2, \tau_3$  - časový interval [-]

$P_p$  - výkon rozvodovky naprázdno [W]

$$P_{ekv} = \frac{P_{\max} \cdot \tau_1^2 + P_p \cdot \tau_2^2 + P_p \cdot \tau_3^2}{\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2} =$$

$$= \frac{3800 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2 + 166 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2 + 166 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2}{\left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2} \cdot 1000 = 162333W = 162,3 kW \quad (6.2.2)$$

- Ztrátový výkon:**

Účinnost rozvodovky dána výrobcem je  $\eta = 98 \%$ .

$$P_z = P_{ekv} \cdot (1 - \eta) = 162,3 \cdot 10^3 \cdot (1 - 0,98) = 32460W = 32,46 kW \quad (6.2.3)$$

## 2. Válcování jedním motorem.

- Ekvivalentní výkon rozvodovky:**

$$P_{ekv} = \frac{P_{\max} \cdot \tau_1^2 + P_p \cdot \tau_2^2}{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \frac{3800 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 + 166 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2}{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} =$$

$$= 1033000W = 1033kW \quad (6.2.4)$$

- Ztrátový výkon:**

Účinnost rozvodovky dána výrobcem je  $\eta = 98 \%$ .

$$P_z = P_{ekv} \cdot (1 - \eta) = 1033 \cdot 10^3 \cdot (1 - 0,98) = 206600W = 206,6 kW \quad (6.2.5)$$

Největší ztrátový výkon  $P_z$  jsme vypočetli u válcování jedním motorem. Tento výkon se bude muset chladit a to z toho důvodu, kdyby se jeden motor porouchal. Pro výpočet použijí programy od společnosti Interfluid.

## 6.3 Výpočty pomocí programu od společnosti Interfluid

- **Teplo přivedené z rozvodovky**

Tepelný tok převodovky  $\Phi_{pr}$  je množství tepla, které je dáno za jednotku času. Tepelný tok odpovídá ztrátovému výkonu  $P_z$ , který se přeměňuje v teplo.

$$\Phi_{pr} = P_z \cdot \tau \quad (6.3.1)$$

- **Hmotnost kovových částí**

Pro výpočty musíme znát hmotnost kovových částí. Z technických dat, která nám byla dodána, známe hmotnost rozvodovky  $m_r = 37000$  kg. Dále si zvolím hmotnost nádrže

$m_n = 2000$  kg a potrubí  $m_p = 3000$  kg.

$$m = m_r + m_n + m_p = 37000 + 2000 + 3000 = 42000 \text{ kg} \quad (6.3.2)$$

- **Teplosměnná plocha**

Teplosměnná plocha u nádrže má tvar kvádru s čtvercovou podstavou. Spodní hrana má délku  $a = 1,7$  m a výšku  $h = 0,8$  m.

$$S_n = 4 \cdot a \cdot h + a^2 = 4 \cdot 1,7 \cdot 0,8 + 1,7^2 = 5,3 \text{ m}^2 \quad (6.3.3)$$

U trubky s označením Tr 219 x 6 – 35, která má průměr  $d = 0,219$  m, tloušťku stěny  $s = 0,006$  m a délku  $l = 35$  m.

$$S_{219} = \pi \cdot d \cdot l = \pi \cdot 0,219 \cdot 35 = 24 \text{ m}^2 \quad (6.3.4)$$

U trubky s označením Tr 168 x 5 - 35m, která má průměr  $d = 0,168$  m, tloušťku  $s = 0,005$  m a délku  $l = 35$  m.

$$S_{168} = \pi \cdot d \cdot l = \pi \cdot 0,168 \cdot 35 = 18,5 \text{ m}^2 \quad (6.3.5)$$

Celková teplosměnná plocha

$$S_{cp} = S_n + S_{219} + S_{168} = 5,3 + 24 + 18,5 = 47,8 \text{ m}^2 \quad (6.3.6)$$

### 6.3.1 Velikost chladiče

Výpočet velikosti chladiče pomocí programu do společnosti Interfluid.

$ks_{\check{c}}$ - Počet čerpadel	1	[ks]
$V$ - Velikost nádrže	2000	[dm <sup>3</sup> ]
$t_0$ - Teplota okolí	20	[°C]
$p$ - Pracovní tlak	1	[MPa]
$Q$ – Průtok	260	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
$f_{\check{c}}$ - Časový faktor čerpadla	1	[0-1]
$S$ - Povrch nádrže a potrubí	50,8	[m <sup>2</sup> ]
$k_c$ - Součinitel prostupu tepla	15	[W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
$t_k$ - Ustálená teplota oleje max.	50	[°C]
$t$ - Ustálená teplota oleje min.	45	[°C]
$p_p$ - Tlakový spád na prvcích	0,2	[MPa]
$f_p$ - Časový faktor prvků	1	[0-1]
$ks_p$ - Počet prvků	1	[ks]
$\Phi_{př}$ - Teplo přiváděné z převodovky	40,6	[kW]
$\eta_G$ - Průtoková účinnost čerpadla	0,9	[-]
$m_1$ - Hmotnost kovových částí v obvodu	42000	[kg]
$c_1$ - Měrné skupenské teplo kovu	450	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
$c$ - Měrné skupenské teplo kapaliny	1800	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
$\rho$ - Hustota kapaliny	890	[kg·m <sup>-3</sup> ]
$t_{01}$ - Počáteční teplota oleje	18	[°C]
$t_1$ - Teplota vody při vstupu do chladiče	15	[°C]
$t_2$ - Teplota vody při výstupu z chladiče	40	[°C]
$k_{ch}$ - Součinitel prostupu tepla chladičem	300	[W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
$c_v$ - Měrné skupenské teplo vody	4183	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
$T$ - Časová konstanta	29296,22	[s]
$Q_l$ - Velikost lekáže	26	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
$\Phi_{HG}$ - Teplo z provozu hydrogenerátoru	0,433	[kW]
$\Phi_p$ - Teplo přivedené prvky	0,866	[kW]
$\Phi$ - Celkový ztrátový tepelný výkon	41,899	[kW]
$t_u$ - Ustálená teplota	75,5	[°C]
$\Phi_1$ - Teplo odvedené nádrží	24,144	[kW]
$\Phi_c$ - Chlazený výkon	17,756	[kW]
$\tau_{pož}$ - Doba ohřátí oleje na teplotu 50 °C z 18 °C	397	[min]
$\Delta t_{stř}$ - Střední teplotní spád	19,96	[°C]
$S_c$ - Teplosměnná plocha	2,97	[m <sup>2</sup> ]
$Q_v$ - Potřebný průtok vody	10,19	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
$\tau_o$ - Doba ohřívání z teploty ze 45°C na 50°C	87,42	[min]
$\tau_{ch}$ - Doba chlazení z teploty z 50°C na 45 °C	83,957	[min]

Tab. č. 6.3.1.1 Velikost chladiče

V tomto programu byly použity tyto vzorce:

- Časová konstanta

$$T = \frac{n_1 \cdot c_1 + \tau \cdot \rho \cdot c}{k_c \cdot S} = \frac{42000 \cdot 450 + 1 \cdot 390 \cdot 1800}{15 \cdot 50,8} = 19296,22 \text{ s} \quad (6.3.1.1)$$

- Velikost lékáže

$$Q_l = k_{s_\varepsilon} \cdot Q \cdot (-\eta_{\text{max}}) = 0,00433 \cdot (-1,9) = 1,33 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 16 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.3.1.2)$$

- Teplo z provozu hydrogenerátoru

$$\Phi_{\text{g}} = \kappa_{s_\varepsilon} \cdot Q_l \cdot p \cdot f_\varepsilon = 1,33 \cdot 10^{-7} \cdot 1000000 \cdot 1 = 133 \text{ W} = 0,133 \text{ kW} \quad (6.3.1.3)$$

- Teplo přivedené průtokem

$$\Phi_r = \kappa_{s_p} \cdot Q \cdot p_p \cdot f_p = 0,00433 \cdot 200000 \cdot 1 = 866 \text{ W} = 0,866 \text{ kW} \quad (6.3.1.4)$$

- Celkový ztrátový tepelný výkon

$$\Phi_{\text{D}} = \Phi_{\text{g}} + \Phi_r + \Phi_{\text{r}} = 133 + 866 + 10600 = 11599 \text{ W} = 11,599 \text{ kW} \quad (6.3.1.5)$$

- Ustálená teplota

$$t_u = \frac{\Phi}{S \cdot k_c} + t_0 = \frac{41900}{50,3 \cdot 15} + 20 = 75,5^\circ \text{C} \quad (6.3.1.6)$$

- Teplo odevzdané nádrží

$$\Phi_{\text{v}} = (k_{\text{v}} - k_{\text{v1}}) \cdot k_c \cdot S = (10 - 8) \cdot 15 \cdot 50,3 = 1144 \text{ W} = 1,144 \text{ kW} \quad (6.3.1.7)$$

- Chlazený výkon

$$\Phi_{\text{ch}} = \Phi_{\text{D}} - \Phi_{\text{v}} = 11599 - 1144 = 10455 \text{ W} = 10,455 \text{ kW} \quad (6.3.1.8)$$

- **Doba ohřátí oleje na teplotu 50°C**

$$\tau_{\text{ohř}} = T \cdot \ln \cdot \frac{t_u - t_{01}}{t_u - t_k} = 19296,22 \cdot \ln \cdot \frac{75,5 - 8}{75,5 - 0} = 13820,95 \text{ s} = 197 \text{ min} \quad (6.3.1.9)$$

- **Střední teplotní spád**

$$\Delta t_{\text{stř}} = \frac{\frac{t_2 - t_1}{\ln \cdot \frac{t_k - t_1}{t_k - t_2}}}{\ln \cdot \frac{50 - 15}{50 - 40}} = 19,96^\circ \text{C} \quad (6.3.1.10)$$

- **Teplosměnná plocha**

$$S_c = \frac{\Phi}{k_{ch} \cdot \Delta t_{\text{stř}}} = \frac{17760}{300 \cdot 19,96} = 2,97 \text{ m}^2 \quad (6.3.1.11)$$

- **Potřebný průtok vody**

$$Q_v = \frac{\Phi_c}{c_v \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{17760}{4183 \cdot (40 - 5)} = 1,17 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 0,19 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \quad (6.3.1.12)$$

- **Doba ohřívání z teploty 45°C na teplotu 50°C**

$$\tau_{\text{ohř}} = T \cdot \ln \cdot \frac{t_u - t}{t_u - t_k} = 19296,22 \cdot \ln \cdot \frac{75,5 - 45}{75,5 - 0} = 1245,436 \text{ s} = 17,42 \text{ min} \quad (6.3.1.13)$$

- **Doba chlazení z teploty 50°C na teplotu 45°C**

$$\tau_{\text{chl}} = T \cdot \ln \cdot \frac{t_k - t_{01}}{t - t_{01}} = 19296,22 \cdot \ln \cdot \frac{50 - 8}{45 - 8} = 1977,4 \text{ s} = 2,957 \text{ min} \quad (6.3.1.14)$$

## **Velikost objemu chlazeného oleje za den**

Doba ohřevu oleje ze 45 °C na 50 °C je  $\tau_o = 87$  minut a chlazení oleje z 50 °C na 45 °C trvá  $\tau_{\text{ch}} = 83$  minut. Při průtoku  $Q_1 = 4,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Bude se stále střídát cyklus v podobě ohřátí s chlazením. Je možno vypočíst, kolik oleje bude chladič chladit v obvodu za den  $V_d [ \text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1} ]$ . Toto chlazení nastane jen v nejhorším případě za nepříznivých podmínek (např. vysoké teploty v hale a neustálý provoz rozvodovky). Prvně si ale musíme spočítat, kolikrát musíme za den chladit  $X_d [ - ]$ . Čas dne  $t_d = 86400 \text{ s}$ .



$$X_d = \frac{t_d}{\tau_l + \tau_h} = \frac{86400}{5220 + 1980} = 3,5 \quad (6.3.1.15)$$

$$V_d = Q_l \cdot \tau_h \cdot X_d = 1,33 \cdot 10^{-3} \cdot 4980 \cdot 3,5 = 23,4 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \quad (6.3.1.16)$$

## 6.3.2 Korekce výkonu vodního chladiče na viskozitu a průtokové poměry

KT koeficient - násobný faktor teplotního spádu.

KV koeficient - korekční faktor chladicí kapaliny.

KP koeficient - korekční faktor tlakových spádu.

KR koeficient - korekční faktor poměr olej - voda.

Teplotní spád	25	30	40
KT	1,59	1,33	1
	KV	KP	
VG22	0,95	0,9	
VG32	1	1	
VG46	1,05	1,3	
VG68	1,2	1,7	
VG100	1,35	2,2	
VG150	1,6	3	
VG220	1,9	4,3	
<b>Q<sub>o</sub> - Průtok oleje</b>	150	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]	
<b>Φ<sub>c</sub> - Chlazený výkon</b>	17,8	[kW]	
<b>t<sub>vo</sub> - Vstupní teplota oleje</b>	50	[°C]	
<b>t<sub>vv</sub> - Vstupní teplota vody</b>	20	[°C]	
<b>Q<sub>vch</sub> - Průtok vody</b>	25	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]	
<b>k<sub>kt</sub> - Koeficient KT</b>	1,33	[-]	
<b>k<sub>kv</sub> - Koeficient KV</b>	1,05	[-]	
<b>k<sub>kp</sub> - Koeficient KP</b>	1,3	[-]	
<b>k<sub>kr</sub> - Koeficient KR</b>	0,8	[-]	
<b>ov - Poměr olej - voda</b>	6	[-]	
<b>t<sub>s</sub> - Teplotní spád</b>	30	[°C]	
<b>P<sub>ch</sub> - Výkon chladiče</b>	31,07	[kW]	

Tab. č. 6.3.2.1 Korekce vodního chladiče

### Použité vzorce:

- **Poměr olej - voda**

$$\rho_v = \frac{Q_o}{Q_{vch}} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{4,16 \cdot 10^{-3}} = 0,6 \quad (6.3.2.1)$$

- **Teplotní spád**

$$t_s = t_{vo} - t_{vv} = 50 - 20 = 30^\circ \text{C} \quad (6.3.2.2)$$

- **Výkon chladiče**

$$P_{ch} = \frac{\Phi \cdot k_{kv} \cdot k_{kp}}{k_{kr}} = \frac{17800 \cdot 1,05 \cdot 1,33}{0,8} = 31072,125 \text{ W} = 31,07 \text{ kW} \quad (6.3.2.3)$$

### 6.3.3 Výpočet vodního chladiče a určení typu

<b>Olej:</b>		
<b>c<sub>m</sub> - Měrné t. určitého oleje</b>	1986	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
<b>ρ - Hustota oleje</b>	890	[kg·m <sup>-3</sup> ]
<b>ν<sub>o</sub> - Viskozita oleje</b>	35	[cSt]
<b>t<sub>vo</sub> - Vstupní teplota olej</b>	50	[°C]
<b>Q<sub>o</sub> - Průtok oleje</b>	150	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
<b>Voda:</b>		
<b>c<sub>v</sub> - Měrné sku. teplo vody</b>	4183	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
<b>ρ<sub>v</sub> - Hustota vody</b>	994	[kg·m <sup>-3</sup> ]
<b>t<sub>vv</sub> - Vstupní teplota voda</b>	20	[°C]
<b>t<sub>vy</sub> - Výstupní teplota voda</b>	30	[°C]
<b>Chladič:</b>		
<b>P<sub>ch</sub> - Výkon chladiče</b>	31,07	[kW]
<b>k<sub>ch</sub> - Koeficient přestupu tepla chladi.</b>	300	[W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
<b>Ch - Volba chladiče B35 - 60</b>	60	[desek]
<b>a - Plocha desky</b>	0,0944	[m <sup>2</sup> ]
<b>t<sub>vch</sub> - Výstupní teplota oleje</b>	43	[°C]
<b>Δt<sub>střch</sub> - Střední teplotní spád chladiče</b>	21,45	[°C]
<b>Q<sub>ch</sub> - Průtok vody</b>	44,84	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
<b>S<sub>ch</sub> - Teplosměnná plocha chladiče</b>	4,83	[m <sup>2</sup> ]
<b>ks<sub>d</sub> - Počet desek</b>	25,573	[ks]
<b>r - rezerva</b>	57,378	[%]

Tab. č. 6.3.3.1 Určení typu vodního chladiče

Použité vzorce:

- Výstupní teplota oleje

$$t_{vch} = t_{vo} - \left( \frac{P_{ch}}{c_m \cdot \rho \cdot Q_o} \right) = 50 - \left( \frac{31070}{1986 \cdot 890 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} \right) = 43 \text{ °C} \quad (6.3.3.1)$$

- **Střední teplotní spád**

$$\Delta_{\text{trř}} = \frac{t_{\text{vch}} - t_{\text{vv}}}{\ln \frac{t_{\text{vch}} - t_{\text{vy}}}{t_{\text{vo}} - t_{\text{vy}}}} = \frac{43 - 20}{\ln \frac{43 - 20}{50 - 30}} = 21,45^{\circ} \text{C} \quad (6.3.3.2)$$

- **Průtok vody**

$$Q_{\text{ch}} = \frac{P_{\text{ch}}}{\rho \cdot c_v \cdot (t_{\text{vy}} - t_{\text{vv}})} = \frac{31070}{994 \cdot 4183 \cdot (40 - 10)} = 7,48 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 14,84 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (6.3.3.3)$$

- **Teplosměnná plocha chladiče**

$$S_{\text{ch}} = \frac{P_{\text{ch}}}{k_{\text{ch}} \cdot \Delta_{\text{trř}}} = \frac{31070}{300 \cdot 21,45} = 4,83 \text{ m}^2 \quad (6.3.3.4)$$

- **Počet desek**

$$ks_{\text{ch}} = \frac{S_{\text{ch}}}{2 \cdot a} = \frac{4,83}{2 \cdot 0,0944} = 25,573 \text{ ks} \quad (6.3.3.5)$$

- **Rezerva**

$$r = 100 - \left( \frac{ks_d}{ks_{\text{ch}}} \right) 100 = 100 - \left( \frac{25,573}{60} \right) 100 = 57,378\% \quad (6.3.3.6)$$

V těchto výpočtech počítáme s vysokou teplotou okolí, volíme nízké součinitele prostupu tepla a vysokou zátěž rozvodovky. Také v těchto výpočtech je spousta odhadů. Aby byla v létě zaručena bezpečnost, k chlazení bude pomáhat chladič. Aby nám vodní chladič vydržel, je navržen s velkou rezervou z důvodu výskytu vodního kamene. Ceny různých velikostí chladičů nejsou drasticky rozdílné.

## **7. Zadání pro navazující profese**

### **7.1 Požadavky na demontáž, montáž, vyzkoušení a uvedení do provozu**

Pro montáže komponentů bude montážní organizace vybavena vlastními manipulačními prostředky. K provedení montáže bude potřebné zajistit lehké lešení a lehké manipulační prostředky. Montážní organizace bude vybavena vanami na zachycení uniklého oleje a prostředky pro ekologickou likvidaci produktů po montáži.

Po provedení montáže bude provedena zkouška, kterou zajistí montážní organizace. Pro vyzkoušení a uvedení zařízení do provozu budou určeni pracovníci vybaveni odpovídajícím nářadím a měřicí technikou.

V blízkosti prováděných demontážních a montážních prací budou nainstalovány třífázové zásuvky 400 VAC/230VAC pro elektrické výkony do 15 kW.

Pracoviště bude vybaveno odpovídající hasící technikou pro hašení hydrauliky, elektrických rozvodů a organických látek.

#### **7.1.1 Montáž zařízení**

Základní podmínkou pro dosažení vysoké spolehlivosti a životnosti projektovaných parametrů a maximální ekologické bezpečnosti elektrohydraulického zařízení je správně provedená montáž, seřízení a provoz hydraulického obvodu, kvalifikovaná obsluha a dodržování zásad údržby, včetně bezpečnostních předpisů.

#### **7.1.2 Vstupní kontrola dodaných montážních dílů a skupin**

Montážní organizace je povinna se nejdříve seznámit s následující dokumentací:

- Projekční dokumentace,
- Dokumentace kabelových tras,
- Montážní schéma.

K zaznamenání postupu montážních prací zřizuje montážní organizace montážní deník.

Montážní organizace je povinna neprodleně provést kontrolu úplnosti dodávky montážních celků a jejich vizuální kontrolu dle příslušných sestavných výkresů. Jednotlivé díly potrubních rozvodů je nutno kontrolovat dle rozpisu dílů. Jakékoliv závady při vstupní kontrole je montážní organizace povinna zaznamenat do montážního deníku.

Nakonzervované komponenty a konstrukční uzly je nutno do začátku montáže uskladnit v suchých, teplotně stálých a neprašných prostorách. Dále je nutné dodržovat předpisy pro skladování udané výrobcem.

### **7.1.3 Usazování a montáž konstrukčních celků na kotvící místa**

Před zahájením montážních prací je nutno provést vyrovnaní stykových ploch. Rozmístění a ukotvení zařízení je nutno provést dle dispozice zařízení.

### **7.1.4 Základní pokyny pro montáž na stavbě**

Při montáži je nutno dodržovat veškeré předpisy uvedené v dokumentaci. Organizace pověřená montáží je povinna provést důslednou přípravu montáže a zajistit si přípravky, pomůcky a vybavení potřebné k provedení montáže v rozsahu a kvalitě uvedené v těchto předpisech pro montáž hydraulických zařízení.

Po ukončení montážních prací je nutno provést celkovou kontrolu, tj. jakost montáže, správnost zapojení a nakonec vystavit protokol o způsobilosti zařízení k zahájení zkušebního provozu.

Tento protokol schvalují následující pracovníci:

- Odpovědný vedoucí montér,
- Odpovědný pracovník řízení jakosti,
- Odpovědný projektant.

## **7.2 Nároky na stavební připravenost a návaznost na další stavební profese**

Pro stavbu mazacího agregátu nejsou vyžadovány zásadní požadavky na stavební úpravy. Stavební úpravy se budou dotýkat pouze přívodu energií a řízení v podlaze a pevnostního posílení podlahy.

Případné dílčí stavební nároky budou řešeny v rámci montážních prací mechanických a elektrických systémů. Je potřeba provést vyklizení a demontáž stavby.

## 7.3 Nároky na energie a materiál

### 7.3.1 Energie

Napěťová soustava - silové obvody:  $U_s = 500 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$

- řídicí obvody ventilů:  $U_{pc} = 24 \text{ V DC}$

#### Soustava 500 V 50 Hz

Pohonná jednotka 11 kW	2 ks	11 kW
Filtrace	1 ks	7,5kW
Ohřívač	2 ks	4 kW
<b>Celkem</b>		<b>37,5 kW</b>

#### Soustava 24 V DC

Elektromagnety a koncové spínače	0,5 kW
<b>Celkem</b>	<b>0,5 kW</b>

<b>Celé zařízení</b>	<b>38,0 kW</b>
----------------------	----------------

## 7.4 Voda

Průtok vody	120 l·min <sup>-1</sup>
Tlak vody	2 ÷ 5 bar
Čistota	lepší jak 100 μ
pH	7,5

## 7.5 Olej PP90

Olej	PP90
Kinetická viskozita pro 40 °C	35 cSt
Množství	2000 l

## 8. Návod na obsluhu a údržbu mazacího zařízení

Celé zařízení se skládá z hřebenové rozvodovky, mazacího agregátu, potrubního rozvodu, elektroinstalace a ovládacího zařízení.

### Základní technické parametry mazacího zařízení:

Pracovní tlak	1,6 MPa
Průtok	264 l·min <sup>-1</sup>
Pracovní médium	Olej PP90
Ovládací napětí	24 V DC
Silové napětí	500 V/50 Hz
Celková hmotnost mazacího agregátu	cca 1,5 tun
Rozměr pracoviště	1,7x1,7 m

Od navrhovaného zařízení žádáme, aby bylo možno trvalého mazání převodů a ložisek hřebenové rozvodovky. Požadujeme taktéž teplotní stabilizaci olejové náplně a zabezpečení dostatečné čistoty olejové náplně.

### 8.1 Popis funkce mazacího zařízení

Mazací zařízení tvoří ocelová nádrž, která má tvar kvádrů o objemu 2000 l. Nádrž je přizpůsobena vstupnímu otvoru do olejového sklepa. Na nádrži ve svislé poloze jsou umístěny dva kusy elektromotorů o výkonu 11 kW s hydrogenerátorem a pojistným ventilem s elektrickým odlehčením. Na nádrži jsou pak umístěny ještě další komponenty, jako elektromotor filtrace a chlazení o výkonu 7,5 kW s čerpadlem, termostaty, elektrický stavoznak, odpadní a vzduchový filtr. Jako chladič je použit deskový chladič. Pod hydraulickým zařízením se nachází záchytná ocelová vana pro celý objem nádrže, aby se v případě nějakého poškození nádrže olej nerozlil po podlaze ve sklepech.

#### Technické parametry mazacího agregátu.

Objem nádrže	2000 l
Hydraulická kapalina	olej PP90
Výkon elektromotoru	11 kW
Počet elektromotorů	2 ks (jeden je rezervní)
Průtok mazání	264 l·min <sup>-1</sup>
Pracovní tlak	1,6 MPa



Průtok tlakové filtrace	450 l·min <sup>-1</sup>
Tlaková filtrace	16 μ
Výkon elektrického ohřívače	4 kW
Počet ohřívačů	2 ks
Výkon elektromotoru filtrace	7,5 kW
Průtok filtrace	214 l·min <sup>-1</sup>
Odpadní filtrace	16 μ
Jmenovitý průtok odpadní filtrace	630 l
Chladič vodní	2 kW·C <sup>-1</sup>
Průtok vody	120 l·min <sup>-1</sup>
Tlak vody	2 ÷ 4 bary
Sílové napájení	500 V/50 Hz
Ovládací napájení	24 V DC
Rozměry mazacího agregátu.	1700x1700x1500 mm
Hmotnost nastrojeného mazacího zařízení	1500 kg

## 8.2 Potrubní rozvod

Potrubní rozvod je proveden v ocelových bezešvých trubkách dle ČSN 426711.41. Vnější a vnitřní povrch trubek je kovově čistý a jsou rovnané TDP 420260.11. Materiál trubek 12022.1 nebo 11353.1. Potrubí je vedeno po konstrukci lisu nebo po pomocných konstrukcích. Potrubí je spojeno buď pomocí svařování, nebo šroubení s O kroužkem.

Jmenovitý tlak v tlakové potrubí	10 MPa
Jmenovitý tlak v odpadní potrubí	1,6 MPa

## 8.3 Popis činnosti čidel mazacího zařízení

Činnost zařízení začne, pokud se zmáčkne tlačítko Start. V automatickém režimu budou vykonány následující činnosti.

Pokud je hladina a teplota oleje v nádrži mazacího zařízení v pořádku, zapne se elektromotor filtrace MA3. Po jeho rozběhu se zapne elektromotor MA1 nebo MA2. Běží pouze jeden motor, druhý zůstává v pohotovosti a to z důvodu poruchy, aby mohl zaskočit a mazací zařízení mohlo běžet dál. Motory startují v odlehčeném stavu a do tlaku jsou připojeny sepnutím elektromagnetu YV2. Po náběhu elektromotorů a náběhu spínače průtoku

SF1 je mazací zařízení připraveno k mazání. Činnost ostatních čidel zařízení je hlídána systémem.

Pokud je teplota oleje v hydraulickém zařízení nižší než je nastavená na termostatu ST1, zapínají se obě ohřívací tělesa EH1 a EH2. Tyto ohřívací tělesa je možné zapnout jenom v případě, pokud je zapnut elektromotor MA3. Pokud je teplota vyšší než na termostatu ST1, ohřívače se musí vypnout.

Hodnoty hladiny MIN1 a MIN2 jsou pevně nastaveny v programu a jsou brány ze snímače BL1. Hladiny fungují následujícím způsobem:

Pokud hladina klesne na hladinu MIN1 řídící systém vyšle chybové hlášení, že je nízká hladina oleje v nádrži, ale žádná funkce mazacího agregátu není omezena.

Pokud hladina nadále klesá až k hladině MIN2 a dosáhne ji, pak spínač hladiny sepne. Budou zastaveny všechny pohony a systém ohlásí poruchu z důvodů malého množství oleje v nádrži.

Pokud teplota oleje stoupá až k teplotě nastavené na termostatu ST2 a dojde k sepnutí termostatu, je pak následně zapnut elektromagnet YV1 vodního ventilu. Voda proudí přes chladič a dochází k chlazení oleje. Pokud dojde k ochlazení a poklesu teploty, je vodní ventil opět uzavřen.

Pokud teplota dosáhne teplotu nastavenou na termostatu ST3, je systémem ohlášena porucha z důvodu vysoké teploty oleje a všechny pohony musí být vypnuty. Všechny termostaty mají hysterezi cca 4 °C.

Teplota je hlídána i vysílačem teploty BT1, který signalizuje aktuální teplotu oleje v nádrži.

Hladina je signalizována ještě i vysílačem hladiny BL1, který signalizuje aktuální hladinu oleje v nádrži. Hladina je udávána v milimetrech sloupce ode dna nádrže.

Zanesení filtrů je signalizováno spínačem znečištění SF1 a SF3 na obou filtrech.

Zařízení je doplněno o kontrolní hladinu. Ta to hladina je volitelná obsluhou v kabině. Pomocí této funkce je možné nastavit kontrolní hladinu několik milimetrů pod skutečnou hladinu oleje v nádrži. Tak jde zabránit rozsáhlému úniku oleje.

## 8.4 Popis funkcí mazacího zařízení

Před každým použitím mazacího zařízení je třeba provést vizuální kontrolu hladiny kapaliny v nádrži Obr. č. 8.4.1 a spustit elektromotor pohonu čerpadla pouze v případě, že ryska stavu kapaliny je nad středovou hodnotou ukazatele hladiny.



**Obr. č. 8.4.1** Kontrola hladiny v nádrži

Mazací zařízení se skládá ze dvou hlavních motorů a pomocného motoru, dále z odpadního filtru a dvojice ohřívačů. Obr. č. 8.4.2



**Obr. č. 8.4.2** Mazací zařízení 1 - dva hlavní motory, 2 - pomocný motor, 3 - odpadní filtr a 4 - dvojce ohříváčů.

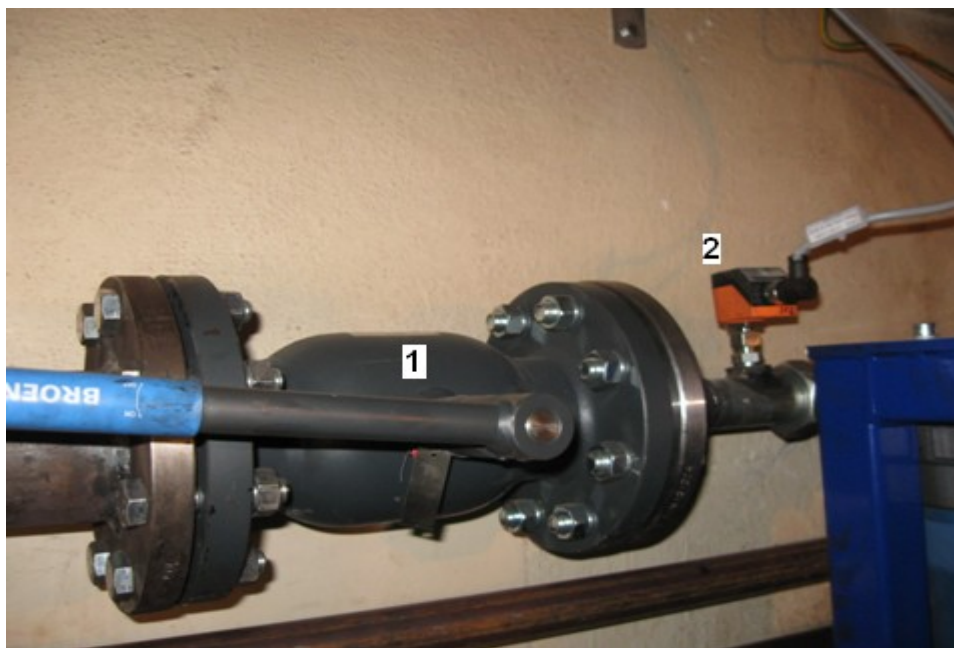
Trvalou filtraci oleje, který je čerpán do rozvodovky zabezpečuje dvojitý potrubní filtr. Filtr se přepíná za klidu mazacího zařízení pomocí páky. Páka má pojistku, proto je potřeba prvně sevřít v ruce a až pak otočit. Obr. č. 8.4.3



**Obr. č. 8.4.3** Dvojitý filtr s přepínací pojistnou pákou

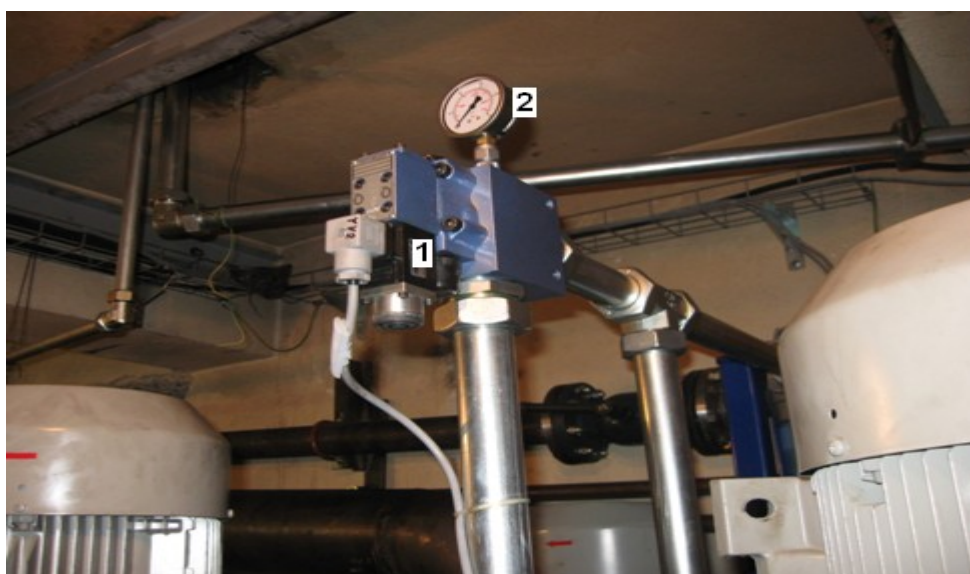


Kulovým ventilem je možné uzavřít tlak od čerpadla a nastavit tlak na pojistném ventilu. V případě uzavření kulového ventilu za provozu, je převodovka bez mazání. Na spínači průtoku je potřeba při otevřeném kulovém ventilu a zahřátém oleji nastavit průtok, který bude kontrolován po dobu běhu mazacího zařízení. Obr. č. 8.4.4



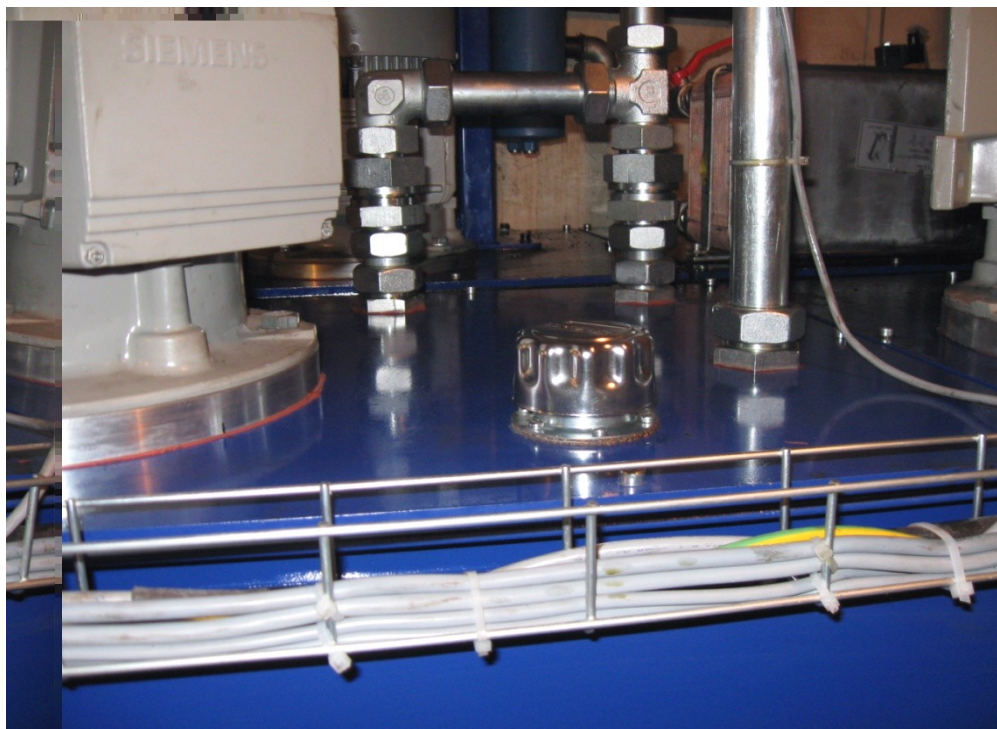
**Obr. č. 8.4.4** Kulový ventil a spínač průtoku

Tlak v hydraulickém obvodu mazacího zařízení se seřizuje zde na Obr. č. 8.4.5. Tlak v obvodu je snímán manometrem.



**Obr. č. 8.4.5** Seřizovací zařízení, 1 - seřízení tlaku, 2 - manometr

Olej do mazacího zařízení je možné dolít přes zátku. Obr č. 8.4.6



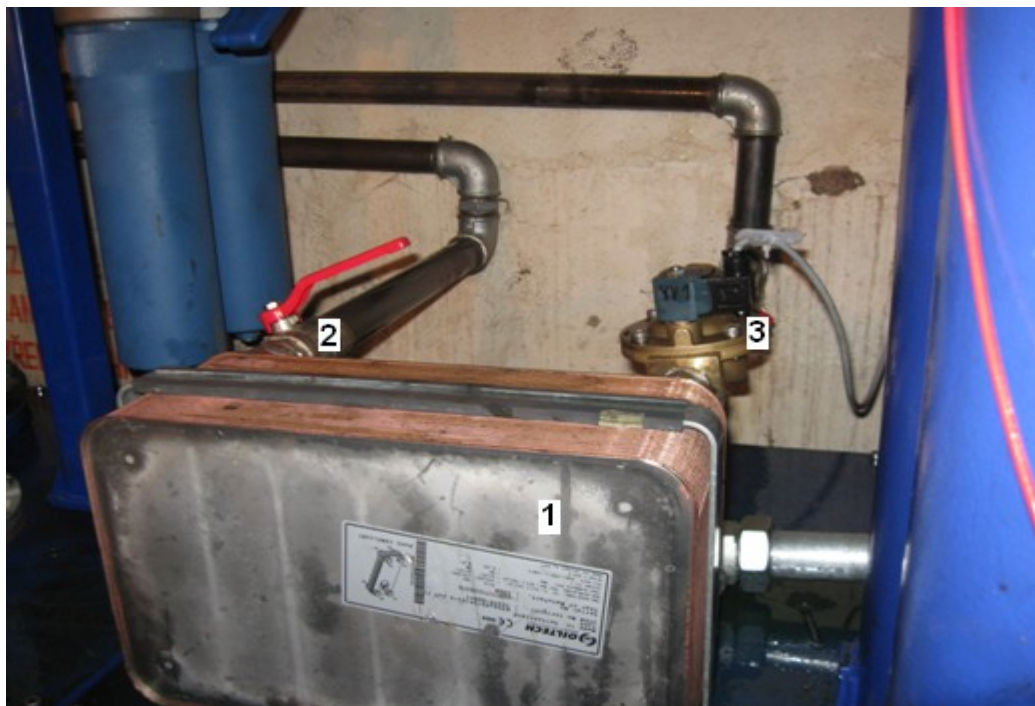
**Obr. č. 8.4.6** Zátka a zároveň i vzduchový filtr, přes který se dolívá olej.

Hladina oleje v mazacím zařízení je hlídána hladinovým snímačem.  
Odpadní filtr zabezpečuje trvalou filtraci oleje v obvodu. Obr č. 8.4.7



**Obr. č. 8.4.7** Hlídání olejové hladiny, 1 - hladinový snímač, 2 - odpadní filtr

V obvodu je připraven také vodní chladič. Vodní chladič je možné na vstupu a výstupu uzavřít kulovým ventilem. Voda je do chladiče vpouštěna vodním ventilem. Olej proudí chladičem trvale. Obr č. 8.4.8



**Obr. č. 8.4.8** Vodní chladič, 1 - vodní chladič, 2 - kulový ventil, 3 - vodní ventil

Nádrž mazání má tři komory každá komora se vypouští zvláštním kulovým ventilem. Obr. č. 8.4.9.



**Obr. č. 8.4.9** Nádrž mazání s vypouštěcími kulovými ventily



Teplota je snímána kontinuálním čidlem teploty PT100. Teploty jsou nastaveny na termostatech ST1 30 °C. Pokud je teplota nižší, funguje topení.

Pokud má ST2 50 °C vyšší teplotu, zapíná vodní ventil chladiče. Pokud je teplota vyšší, vypíná hlavní motory ST3 60 °C. Obr. č. 8.4.10.



**Obr. č. 8.4.1** Snímání teploty, 1 - čidlem PT100, 2 - Termostat ST1, 3 - termostat ST2, 4 - termostat ST3

## 8.5 Ovládací panel mazání v kabině

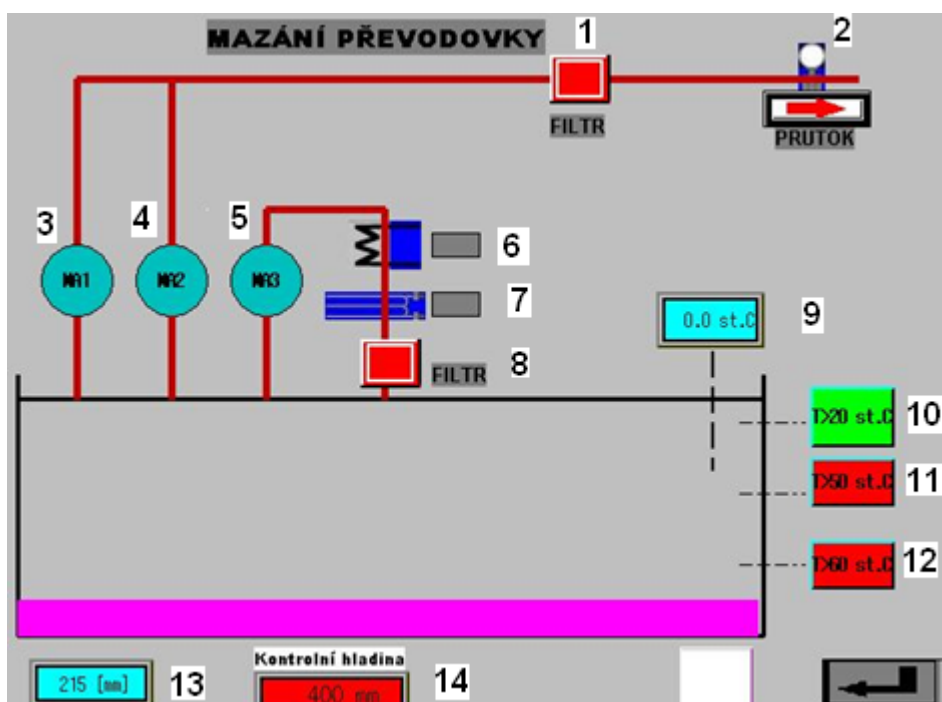
Panel pouze monitoruje stav zařízení v depu hydrauliky. Ovládat lze pouze nastavení kontrolní hladiny.

Na displeji vidíme zanesení potrubního filtru a průtok mazacího zařízení. Panel zobrazuje oba hlavní motory a pomocný motor filtrace. Pomocný motor zabezpečuje chlazení, ohřev nebo odpadní filtraci. Taky můžeme vidět momentální teplotu v nádrži. Pokud termostat ST1 svítí zeleně, ohřev je zapnut. Pokud termostat ST2 svítí zeleně, je chlazení zapnuto, ale pokud svítí červeně, je vypnuto. Termostat ST3 je nastaven na maximální dovolenou teplotu 60°C. Když teplota oleje dosáhne na tuto teplotu, celé zařízení se vypne. Aktuální a kontrolní hladina se zobrazuje v mm.

Dotykem na bod „kontrolní hladina“ se otevře okno, ve kterém lze nastavit kontrolní hladinu (třeba i několik milimetrů pod ustálenou aktuální hladinou). Editaci kontrolní hladiny



je potřeba ukončit stiskem tlačítka Enter. Okno pak zmizí a nastavená kontrolní hladina se objeví v okně. Při dosažení kontrolní hladiny je vyhlášena porucha, takto lze včas zjistit i poměrně malý únik kapaliny. Obr. č. 8.5.1



**Obr. č. 8.5.1** Panel v kabině, 1 - zanesení potrubního filtru, 2 - průtok mazacího zařízení, 3 - hlavní motor 1, 4 - hlavní motor 2, 5 - pomocný motor filtrace, 6 - chlazení, 7 - ohřev, 8 - filtrace, 9 - momentální teplota v nádrži, 10 - termostat ST1, 11 - termostat ST2, 12 - termostat ST3

## 9. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout oběhové mazání rozvodovky. Nejdříve jsem popsal základní mechanické převody, druhy průmyslových převodovek, rozdělení olejů a druhy mazání ozubených soukolí. Poté jsem se věnoval problému velkého vzniku tepla z provozu převodů a ložisek. Toto teplo se odvádí olejem z prostoru rozvodovky do sklepa, kde je hydraulické zařízení. Toto zařízení umožňuje olej filtrovat, chladit, a dokonce i ohřívat. Olej se z nádrže dopravuje zpět do rozvodovky, kde se dostává na určitá místa pro dostatečné mazání převodů a ložisek. Popsal jsem, v jakém provozu se rozvodovka nachází a jak může pracovat.

Pomocí výpočtu jsem prvně spočítal, jak velké teplo se bude chladit. Poté jsem spočítal potřebné hodnoty chladiče a nakonec jsem určil typ vodního chladiče, který tam je umístěn z důvodů nepříznivých vlivů. Vodní chladič má velkou rezervu z důvodu výskytu vodního kamene, aby se hned nezanesl a nemusel se vyměnit.

V příloze bakalářské práce je umístěno schéma zařízení se specifikací prvků a motorová listina. Dále sestavní výkresy nádrže.

## 10. Seznam použité literatury

[1] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonů strojů*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008. 130 s. ISBN 978-80-248-1860-3.

[2] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pohony a převody*. Dotisk 1. Vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2002. 211 s. ISBN 80-7078-806-2

[3] LAWROWSKI, Zbigniew. *Technika smarowania*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa, 1996. 212 s. ISBN 83-01-12134-3

[4] ŠTÁVA, Pavel. PAVLOK, Bohuslav. *Mazací technika*. 1. vydání Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006. 76 s. ISBN 80-248-1000-X

[5] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pohony a převody*. I. Vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1979. 171 s. ISBN 80-7078-137-8

[6] PAVLOK, Bohuslav. *Hydraulické mechanismy, příklady do cvičení..* II. Vydání. Povoleno MK ČSR č. j. 21.514/79. 4.12.1979. 166s.

[7] Projekční podklady od firmy Interfluid.

### Dále internetové zdroje:

[8] WIKIPEDIA. Převodovka [online]. [cit 2010-15-10]. Dostupné na WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Převodovka>>

[9] SEW-EURODRIVE. Průmyslové převodovky [online] 2010. [cit 2010-19-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.sew-eurodrive.cz/>>

[10] KONSTRUKCE PRAKTICKÉ ELEKTOTECHNIKY. Měřič teploty s Pt100 [online] 26.12.2009. [cit 2010-19-12]. Dostupné na WWW: <<http://www.laserteam.cz/sct/sta/rt/Rtnav.pdf>>

[11] NORD DRIVESYSTEMS. Těsnění a čidla [online] 2010. [cit 2010-09-10]. Dostupné na WWW:

<[http://www2.nord.com/cms/media/documents/bw/F1050\\_CZ\\_2009.pdf](http://www2.nord.com/cms/media/documents/bw/F1050_CZ_2009.pdf)>

[12] VÍTKOVICE GEARWORKS. Převodovky [online] 2009. [cit 2010-12-12]. Dostupné na WWW:

<<http://www.ozubarna.cz/16/cs/node/337>>

## **11. Přílohy**

### **Příloha č. 1:**

Funkční schéma: 1-SEB192-1

### **Příloha č. 2:**

Specifikace prvků: 1-SEB192-2

### **Příloha č. 3:**

Motorová listina: 1-SEB192-3

### **Příloha č. 4:**

Sestava, 1. Spojená nádrž 2400 l: 1-SEB192-4

### **Příloha č. 5**

Sestava, 2. Spojená nádrž 2400 l: 1-SEB192-5

### **Příloha č. 6**

Sestava, Záchytná vana: 1-SEB192-6

### **Příloha č. 7**

Sestava, Mezi příruba: 1-SEB192-7

### **CD nosič:**

CD obsahuje tuto bakalářskou práci včetně příloh